

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

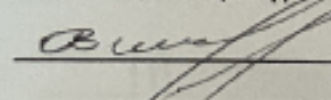
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

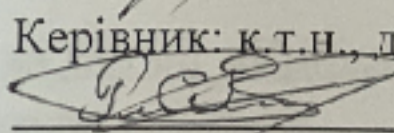
Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему:

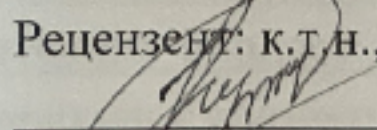
«ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ
ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 90-32.Т10»»

Виконав: студент 4 курсу, групи ІПМ-21бз
спеціальності 131 – Прикладна механіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 Олексій КАЧІВСЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. ТАМ
 Сергій РЕПІНСЬКИЙ

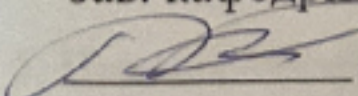
« 06 » 06 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доц., доцент каф. АТМ
 Володимир КУЖЕЛЬ

« 13 » 06 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ

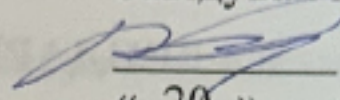
« 07 » 06 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, факультету)
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
(шифр і назва)
Спеціальність – 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)
Освітньо-професійна програма –
Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні
(назва освітньо-професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

 д.т.н., проф. Леонід КОЗЛОВ
« 20 » 03 2025 р.

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Качківському Олексію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10»

Керівник роботи Репінський Сергій Володимирович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97.

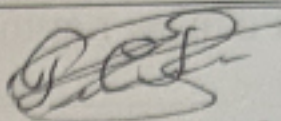
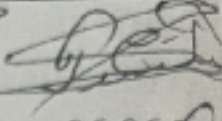
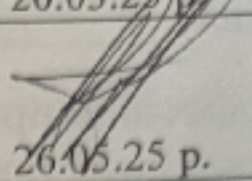
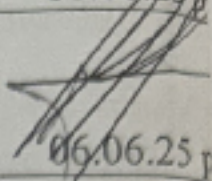
2. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі «Кришка 90-32.T10»; річна програма випуску 20 000 шт.; довідкова література

4. Зміст текстової частини: анотації; вступ; огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка»; розробка технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10»; розрахунок елементів ділянки механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10»; охорона праці; висновки; список використаних джерел; додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
деталь «Кришка 90-32.T10» (A2); кришка (виливок) (A2); маршрут механічної обробки (A1); розмірний аналіз технологічного процесу (A1); карта налагоджень (операція 010) (A1); графіки завантаження обладнання (A1)

6. Консультанти розділів роботи

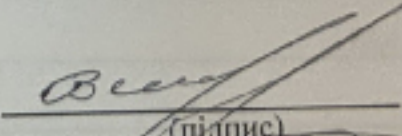
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ	 20.03.25 р.	 06.06.25 р.
Охорона праці	Олександр ПОЛІЩУК, доцент кафедри БЖД ПБ	 26.05.25 р.	 06.06.25 р.

7. Дата видачі завдання « 20 » 03 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

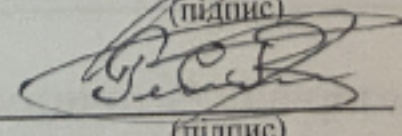
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської кваліфікаційної роботи (БКР)	18.03.25 р.	20.03.24 р.	викон.
2	Виконання спеціальної частини БКР. Перший рубіжний контроль виконання БКР	22.04.25 р.	25.04.25 р.	викон.
3	Виконання спеціальної частини БКР. Другий рубіжний контроль виконання БКР	26.05.25 р.	28.05.25 р.	викон.
4	Виконання розділу «Охорона праці»	26.05.25 р.	06.06.25 р.	викон.
5	Перевірка на антиплагіат	05.06.25 р.	09.06.25 р.	викон.
6	Нормоконтроль БКР	09.06.25 р.	10.06.25 р.	викон.
7	Попередній захист БКР	10.06.25 р.	11.06.25 р.	викон.
8	Рецензування БКР	12.06.25 р.	13.06.25 р.	викон.
9	Захист БКР	17.06.25 р.	19.06.25 р.	викон.

Студент


(підпис)

Олексій КАЧКІВСЬКИЙ

Керівник роботи


(підпис)

Сергій РЕПІНСЬКИЙ

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 89 сторінок формату А4, на яких є 15 рисунків, 30 таблиць, список використаних джерел містить 25 найменувань.

Метою роботи є проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.Т10».

У загальній частині роботи виконано огляд технології виготовлення деталі типу «Кришка», проведено аналіз технологічності конструкції деталі, вибраний спосіб виготовлення заготовки з урахуванням техніко-економічного порівняння варіантів, спроектований технологічний процес, виконано розмірний аналіз технологічного процесу, проведені розрахунки припусків на обробку, режимів різання та технічних норм часу.

В розділі розрахунку елементів ділянки механічної обробки визначено приведену програму, розраховано кількість верстатів, коефіцієнти завантаження та кількість працюючих на ділянці.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: технологічний процес, механічна обробка, заготовка, деталь, режими різання, норми часу, ділянка механічної обробки.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 89 A4 pages, which have 15 figures, 30 tables, the list of sources used contains 25 items.

The aim of the work is to design a technological process for machining a workpiece of the type «Cover 90-32.T10».

In the general part of the work, a review of the technology for manufacturing a part of the «Cover» type was carried out, an analysis of the manufacturability of the design of the part was carried out, a method for manufacturing a workpiece was selected taking into account the technical and economic comparison of options, a technological process was designed, a dimensional analysis of the technological process was performed, calculations of processing tolerances, cutting modes were carried out and technical standards.

In the section for calculating the elements of the machining section, the given program is defined, the number of machines, load factors and the number of workers on the site are calculated.

In the labor protection section, such issues as the causes of occurrence, the effect on the human body and the regulation of harmful and dangerous production factors in the production room are worked out, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are considered.

Keywords: technological process, machining, workpiece, part, cutting conditions, time standards, machining section.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»	8
1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи	8
1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»	14
2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 90-32.T10»	17
2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі	17
2.2 Вибір способу виготовлення заготовки	22
2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки	22
2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення	23
2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки	26
2.2.4 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси двох варіантів заготовки	28
2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого	30
2.3 Розробка маршруту механічної обробки	31
2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$	31
2.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз	34
2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки	36
2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу	37
2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь	44
2.3.6 Визначення режимів різання	48
2.3.7 Визначення технічних норм часу	54

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 90-32.T10»	59
3.1 Розрахунок приведеної програми	59
3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження	63
3.3 Побудова графіків завантаження обладнання	66
3.4 Розрахунок кількості працівників на дільниці	67
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	70
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	71
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	73
4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки	77
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79
ДОДАТКИ	82
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	82
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина	83

ВСТУП

Актуальність. Машинобудування залишається одним із ключових секторів промисловості, що визначає технічний прогрес та економічну стабільність країни. В умовах зростання конкуренції, підвищених вимог до якості продукції та зниження собівартості виробів особливого значення набуває ефективна організація виробництва. Оптимізація технологічних процесів виготовлення деталей є важливим чинником підвищення продуктивності та забезпечення високої якості кінцевого продукту.

У цьому контексті актуальними є дослідження, спрямовані на вдосконалення процесів механічної обробки, оскільки саме вони значною мірою визначають точність, надійність і довговічність машин та механізмів. Підвищення технологічного рівня обробки деталей сприяє не лише зростанню ефективності виробництва, а й підвищенню конкурентоспроможності машинобудівних підприємств.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10».

Завдання, що вирішуються в роботі:

- проведення огляду технології виготовлення деталі типу «Кришка»;
- встановлення типу виробництва та форми організації роботи;
- якісний та кількісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- техніко-економічне обґрунтування способу виготовлення заготовки;
- проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10»;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- визначення режимів різання та норм часу технологічного процесу механічної обробки;
- розрахунок приведеної програми, кількості обладнання та працівників на проектуємій дільниці;
- виконання розділу з охорони праці.

1 ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА»

1.1 Визначення типу виробництва і форми організації роботи

1.1.1 Визначення типу виробництва

Визначення типу виробництва виконується за коефіцієнтом закріплення операцій [1, 2]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O_i}{\sum P_i}, \quad (1.1)$$

де $\sum O_i$ – сумарна кількість операцій, які виконуються на робочих місцях дільниці;

$\sum P_i$ – сумарна кількість робочих місць для виконання операцій.

Вихідними даними для визначення $K_{з.о.}$, а значить і типу виробництва, є робоче креслення і річна програма випуску деталі.

Проведення розрахунків $\sum O_i$ та $\sum P_i$ проводимо в наступній послідовності.

Згідно креслення деталі встановлено найбільш характерні переходи механічної обробки деталі «Кришка 90-32.T10»:

- точити поверхню $\varnothing 175$ однократно;
- точити лівий торець $\varnothing 175$ однократно;
- точити поверхню $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ попередньо;
- точити поверхню $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ попередньо;
- точити поверхню $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ остаточно;
- точити правий торець $\varnothing 175$ попередньо;
- точити правий торець $\varnothing 175$ попередньо;
- точити правий торець $\varnothing 175$ остаточно;
- розточити отвір $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$ попередньо;
- розточити отвір $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$ остаточно.

Усі дані занесено в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

Переходи механічної обробки	T_o , хв.	φ_{κ}	$T_{\text{шт} - \kappa}$, хв.	C_p	$P_{\text{пр}}$	$\eta_{\text{з.ф.}}$	$\eta_{\text{з.м.}}$	O	$K_{\text{т.о.}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Точити поверхню Ø175 однократно.	$0,000075 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000075 \cdot 175 \cdot 26 =$ $= 0,34$	1,3	1,91	0,22	1	0,22	0,75	4	3
2. Точити лівий торець Ø175 однократно.	$0,000045 \cdot D \cdot (D - d) =$ $= 0,000045 \cdot 175 \cdot (175 -$ $32) = 1,13$								
3. Точити поверхню Ø120h8 _(-0,054) попередньо.	$0,000075 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000075 \cdot 120 \cdot 10 =$ $= 0,09$	1,3	3,83	0,44	1	0,44	0,75	2	
4. Точити поверхню Ø120h8 _(-0,054) попередньо.	$0,000175 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000175 \cdot 120 \cdot 10 =$ $= 0,21$								
5. Точити поверхню Ø120h8 _(-0,054) остаточно.	$0,000052 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000052 \cdot 120 \cdot 10 =$ $= 0,06$								
6. Точити правий торець Ø175 попередньо.	$0,000045 \cdot D \cdot (D - d) =$ $= 0,000045 \cdot 175 \cdot (175 -$ $120) = 0,43$								
7. Точити правий торець Ø175 попередньо.	$0,00011 \cdot D \cdot (D - d) =$ $= 0,00011 \cdot 175 \cdot (175 -$ $120) = 1,06$								
8. Точити правий торець Ø175 остаточно.	$0,00008 \cdot D \cdot (D - d) =$ $= 0,00008 \cdot 175 \cdot (175 -$ $120) = 0,77$								
9. Розточити отвір Ø90H10 ^(+0,14) попередньо.	$0,000068 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,000068 \cdot 90 \cdot 14 =$ $= 0,086$								
10. Розточити отвір Ø90H10 ^(+0,14) остаточно.	$0,00019 \cdot D \cdot \ell =$ $= 0,00019 \cdot 90 \cdot 14 =$ $= 0,24$								

Розрахуємо штучно-калькуляційний час на виконання характерних переходів за формулою

$$T_{\text{шт-к}} = T_o \cdot \varphi_k \text{ [хв.]}, \quad (1.2)$$

де T_o – основний час обробки, хв.;

φ_k – коефіцієнт, що залежить від типу виробництва та типу верстатів, що використовуються для обробки даної партії деталей [1, 2].

Переходи 1-2 планується виконувати на одному верстаті з ЧПК, тому

$$T_{\Sigma 1-2} = 0,34 + 1,13 = 1,47 \text{ (хв.)}$$

Переходи 3-10 планується виконувати на другому верстаті з ЧПК, тому

$$T_{\Sigma 3-10} = 0,09 + 0,21 + 0,06 + 0,43 + 1,06 + 0,77 + 0,086 + 0,24 = 2,946 \text{ (хв.)}$$

Приймаємо φ_k для токарно-револьверного верстата з ЧПК для умов великосерійного виробництва, визначеного наближено за програмою випуску $N = 20000$ шт. і масою деталі 4,7 кг (до 10 кг) [1, 2].

Тоді

$$T_{\text{шт} - \kappa 1-2} = \varphi_k \cdot T_{\Sigma 1-2} = 1,3 \cdot 1,47 = 1,91 \text{ (хв.)};$$

$$T_{\text{шт} - \kappa 3-10} = \varphi_k \cdot T_{\Sigma 3-10} = 1,3 \cdot 2,946 = 3,83 \text{ (хв.)}$$

Кількість верстатів для обробки деталі для вказаних переходів (враховуючи фонд часу для верстатів з ЧПК і наближено встановленої серійності виробництва)

$$C_{\text{шт}} = \frac{N \cdot T_{\text{шт} - \kappa}}{60 \cdot F_o \cdot \eta_{\text{з.н.}}} \text{ [шт.]}, \quad (1.3)$$

де $N = 20000$ шт. – річна програма випуску деталі «Кришка 90-32.Т10»;

$T_{\text{шт} - \kappa}$ – штучно-калькуляційний час, хв.;

F_o – дійсний фонд роботи обладнання ($F_o = 3890$ год. при роботі в 2 зміни);

$\eta_{\text{з.н.}}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання (рекомендовано $\eta_{\text{з.н.}} = 0,65 \dots 0,75$, прийнято $\eta_{\text{з.н.}} = 0,75$ для попередньо визначеного великосерійного виробництва [2]).

$$C_{p1} = \frac{20000 \cdot 1,91}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,22 ;$$

$$C_{p2} = \frac{20000 \cdot 3,83}{60 \cdot 3890 \cdot 0,75} = 0,44 .$$

Для виконання переходів механічної обробки прийнято кількість верстатів:

$$P_{np1} = 1; P_{np2} = 1.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання

$$\eta_{z.f.} = \frac{C_{pi}}{P_{npi}}, \quad (1.4)$$

$$\eta_{z.f.1} = 0,22/1 = 0,22;$$

$$\eta_{z.f.2} = 0,44/1 = 0,44.$$

Кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем:

$$O_i = \frac{\eta_{z.n}}{\eta_{z.f.i}}, \quad (1.5)$$

де $\eta_{z.n}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{z.f.i}$ – фактичний коефіцієнт завантаження обладнання, на i -ій операції.

$$O_1 = \frac{0,75}{0,22} = 3,4 \rightarrow 4 ;$$

$$O_2 = \frac{0,75}{0,44} = 1,7 \rightarrow 2 .$$

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Отже, коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{30} = \frac{4 + 2}{1 + 1} = 3.$$

Так як $1 < K_{30} = 3 < 10$, то тип даного виробництва великосерійний.

1.1.2 Визначення форми організації роботи

Заданий добовий випуск виробів:

$$N_{\delta} = \frac{N}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.6)$$

де 254 – кількість робочих днів в році.

$$N_{\delta} = \frac{20000}{254} = 78,7 \approx 79 \text{ (шт.)}$$

Розрахункова добова продуктивність потокової лінії

$$Q_{\delta} = \frac{F_{\delta}}{T_{шт-к.оп}} \cdot \eta_{\delta} \text{ [шт.]}, \quad (1.7)$$

де $T_{шт-к.оп}$ – середній штучно-калькуляційний час виконуваних операцій, хв.;

F_{δ} – добовий фонд часу роботи обладнання ($F_{\delta} = 952$ хв.);

η_{δ} – добовий коефіцієнт завантаження потокової лінії ($\eta_{\delta} = 0,75$).

$$T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} = \frac{1,91 + 3,83}{2} = 2,87 \text{ (хв.)};$$

$$Q_{\phi} = \frac{952}{2,87} \cdot 0,75 = 248,8 \approx 249 \text{ (шт.)}$$

Оскільки $N_{\phi} = 79 \text{ шт.} < Q_{\phi} = 249 \text{ шт.}$, то організація потокової лінії недоцільна.

Тоді кількість деталей в партії для одночасного запуску:

$$n = \frac{N \cdot t}{254} \text{ [шт.]}, \quad (1.8)$$

де t – періодичність запуску партії деталей у виробництво в днях (для великосерійного виробництва прийнято 2 дні);

$$n = \frac{20000 \cdot 2}{254} = 157,5 \text{ (шт.)}, \text{ приймаємо } n = 158 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін, що потрібна на обробку партії деталей на основних робочих місцях

$$C_{\text{зм}} = \frac{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}} \cdot n}{476 \cdot 0,75} = \frac{2,87 \cdot 158}{476 \cdot 0,75} = 1,27 \text{ (зміни)};$$

де 476 – ефективний фонд часу роботи обладнання в зміну, хв.

Кількість деталей в партії, яка необхідна для завантаження обладнання протягом цілого числа змін

$$n = \frac{C_{\text{зм}} \cdot 476 \cdot 0,75}{T_{\text{шт} - \kappa_{\text{ср}}}} = \frac{2 \cdot 476 \cdot 0,75}{2,87} = 248,78 \text{ (шт.)}$$

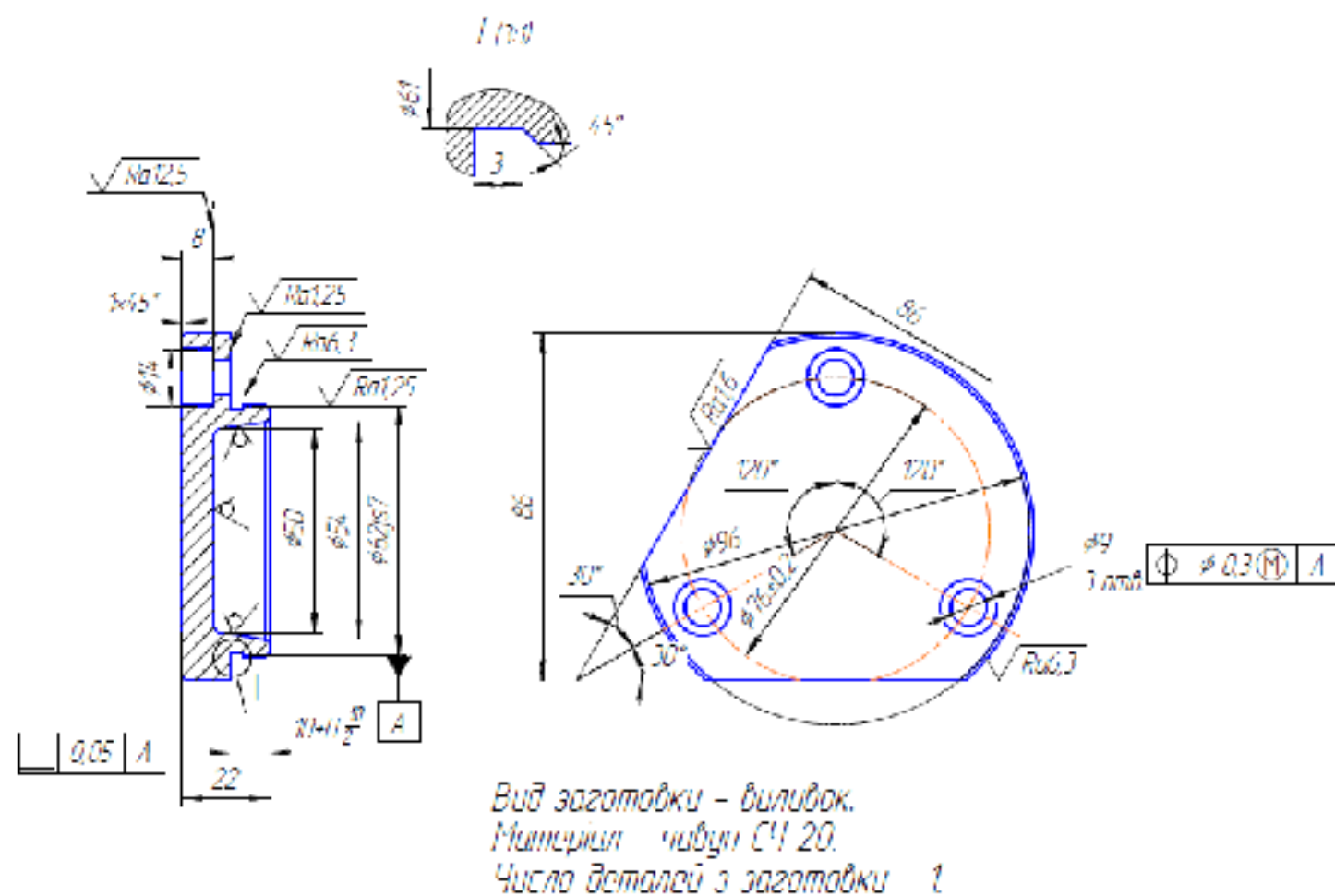
Приймаємо кількість деталей в партії $n = 250$ шт.

Висновок. Тип виробництва – великосерійний, форма організації роботи – групова, кількість деталей в партії, що запускається на обробку одночасно $n = 250$ шт.

1.2 Загальний огляд існуючих технологічних процесів обробки деталі типу «Кришка»

Задана деталь «Кришка 90-32.T10» відноситься до класу деталей типу «Кришка», з деякими ознаками деталей типу «Фланець», тому її не можна віднести до якогось більш поширеного типу деталей [2-7].

Типовий технологічний процес механічної обробки деталі типу «Фланець» (рис. 1.1) показаний у таблиці 1.1.



Невказані граничні відхилення розмірів: валів $h14$, отворів $H14$, інші ± 14 .

Рисунок 1.1 – Креслення типової деталі типу «Фланець»

Таблиця 1.2 – Типовий технологічний процес механічної обробки

Операція	Зміст і найменування операції	Верстат, обладнання	Пристосування
005	Лиття		
010	Обробка і очищення виливка		
015	Малярна		
020	Підрізати торець $\varnothing 62js7 / \varnothing 54$ остаточно і $\varnothing 96 / \varnothing 62js7$ остаточно, точити поверхню $\varnothing 62js7$ під шліфування, точити канавку $B=3$ і фаски	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий пневматичний патрон
025	Підрізати торець $\varnothing 96$ і точити поверхню $\varnothing 96$	Токарний патронний напівавтомат КТ141	Трьохкулачковий патрон
030	Свердлити та зенкувати 4 отвори $\varnothing 9 / \varnothing 14$, фрезерувати 2 лиски в розмір 86	Багатоцільовий свердлильно-фрезерний 21105Н7Ф4	Наладка УСП
035	Притупити гострі кромки	Верстат механізований	Трьохкулачковий патрон
040	Шліфувати поверхню $\varnothing 62js7$ та шліфувати торець $\varnothing 96js7$ остаточно	Універсально-шліфувальний 3У131ВМ	
045	Помити деталь		
050	Технічний контроль		
055	Нанесення антикорозійного покриття		

- Порівняння конструкції заданої деталі за робочим кресленням з конструкцією деталі, приведеної в типовому технологічному процесі, аналіз конструктивних форм.

По зовнішньому контуру заданої деталі поверхня має ступінчаста два діаметра, на типовій деталі поверхня ступінчаста має два діаметра. По торцевих поверхнях типової деталі є кріпильні отвори, на порівнювальній деталі вони є також. Внутрішня поверхня деталі оброблювана, а в типовій деталі внутрішня поверхня в стані поставки, тобто взагалі не оброблюється. По зовнішньому контуру в типовій деталі фрезеруються лиски, які відсутні в конструкції заданої деталі.

Після порівняння можна зробити такий висновок, що задана деталь складніша по конструкції тому, що є більше поверхонь обробки.

- Порівняння показників точності та шорсткості, відносного розміщення поверхонь типової деталі та заданої.

По зовнішньому контуру найвищий квалітет, який стоїть на типовій деталі – 7. По заданій деталі найвищий квалітет – 8, це говорить про те, що по зовнішній конфігурації вимоги по точності в даному випадку нижчі, ніж в типової деталі. По внутрішньому діаметру вона взагалі необроблювана, а в заданій є отвір 10 квалітету. Вимоги по точності на заданій поверхні вищі ніж типової деталі.

- Вимоги по шорсткості. Найнижча шорсткість типової деталі 1,25 мкм по зовнішньому діаметру і по торцях. В розглянутій деталі найменша шорсткість – 1,6 мкм по поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$.

- Вимоги відносного розташування поверхонь.

В типової деталі є вимоги: по взаємному розміщенню є позиційний допуск на розташування отворів і перпендикулярність торця. У заданої деталі є позиційний допуск, співвісність і биття, тобто вимог більше, що свідчить про вищу точність і складність конструкції деталі.

- Аналіз можливості використання методів обробки та структури операцій типового технологічного процесу при розробленні технологічного процесу механічної обробки заданої деталі.

В типовому технологічному процесі використовуються: підрізання торцю, точіння, шліфування, свердління, зенкування. Всі ці методи обробки можуть бути використані і в заданій деталі. В типовій деталі є фрезерування лисок по контуру, що відсутнє в заданій деталі немає.

- Аналіз можливості використання обладнання типового технологічного процесу для обробки заданої деталі.

Токарний автомат, токарний, багатоцільовий і шліфувальний використовуються в при обробці типової деталі. Виробництво великосерійне, тому застосування токарних спеціалізованих верстатів може бути теж доцільним, але можна використати токарні верстати з ЧПК.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ «КРИШКА 90-32.T10»

2.1 Аналіз конструкції і технологічності деталі

2.1.1 Якісний аналіз технологічності деталі [1, 2]

Деталь «Кришка 90-32.T10» виготовляється із сталі 45Л і призначена для міцного і герметичного сполучення труб, встановлення трубопровідної арматури, приєднання труб до машин, апаратів і резервуарів що містять або транспортують рідкі чи газоподібні речовини, для з'єднання валів у муфтах фланцевого типу. Внутрішня поверхня – циліндричний отвір, що має конусність. Для закріплення деталі «Кришка 90-32.T10» у вузлі передбачені кріпильні отвори.

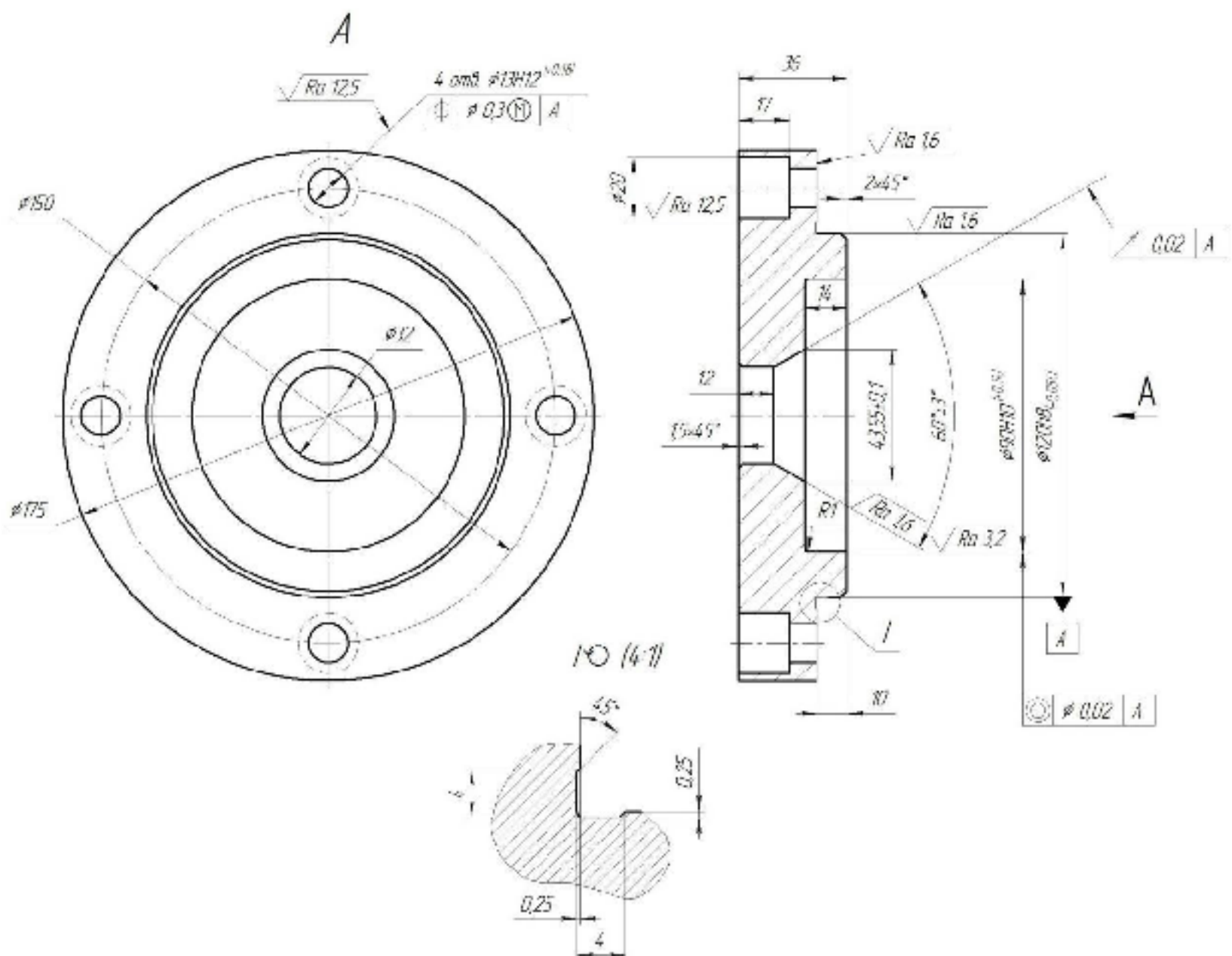


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі типу «Кришка 90-32.T10»

Основні конструкторські бази деталі – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ та торець правий $\varnothing 175$.

Допоміжні конструкторські бази деталі – це $\varnothing 32$, торець правий $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$, торець лівий $\varnothing 175$, кріпильні отвори $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$.

Вільні поверхні: $\varnothing 175$.

У відповідності з призначенням поверхонь до них ставляться такі вимоги: найбільш точними є виконавчі, основні та допоміжні бази (діаметральні розміри). До них ставиться вимога обробки з шорсткістю $Ra = 1,6$ мкм $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$, торець правий $\varnothing 175$, конічна поверхня розміром $60^\circ \pm 3^\circ$.

Інші поверхні, що слугують допоміжними конструкторськими базами повинні мати такі характеристики: поверхня $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$ мм повинна бути оброблена згідно 10 квалітету з шорсткістю $Ra = 3,2$ мкм. Кріпильні отвори $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ повинні мати після механічної обробки шорсткість поверхні $Ra = 12,5$ мкм.

Вільна поверхня $\varnothing 175$ мм в результаті механічної обробки повинна мати точність 12 квалітету та шорсткість $Ra = 6,3$ мкм.

Поставлені вимоги щодо відносного розміщення поверхонь:

- співвісність поверхні $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$ відносно бази А;
- биття конусної поверхні відносно бази А
- позиційний допуск отворів 4 отв. $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ відносно бази А.

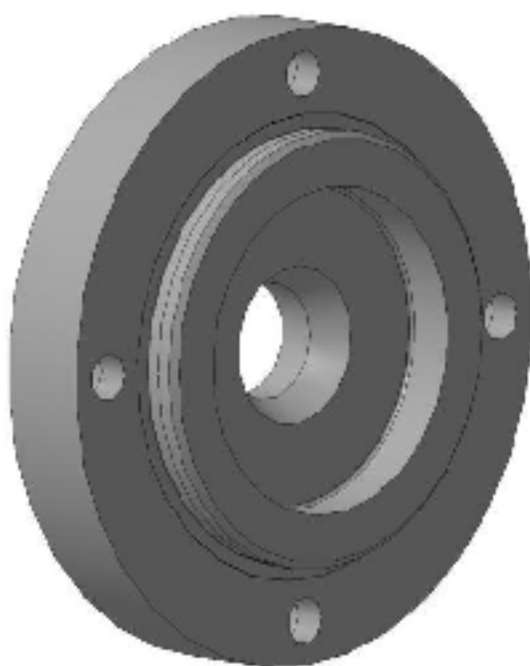


Рисунок 2.2 – 3D-модель деталі «Кришка 90-32.Т10»

Конструкція деталі в цілому технологічна. Деталь має хороші базові поверхні для виконання більшості операцій механічної обробки. При виконанні токарної попередньої обробки – це $\varnothing 175$ та його торець (лівий), при остаточній обробці деталі – $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$.

Вимоги відносного розташування оброблених поверхонь вказані у відповідності з їх службовим призначенням, також можуть бути забезпечені при механічній обробці, за рахунок вибору схем базування, або обробки з одного установа певних поверхонь.

Вказані на кресленні розміри деталі можуть бути проконтрольовані безпосередньо, перешкод для контролю не існує.

Серед поверхонь деталі є такі, які можуть бути використані при базуванні. До таких поверхонь можна віднести внутрішній отвір, два з чотирьох отворів. Застосування штучних технологічних баз не є виправданим, оскільки існує достатня кількість баз для встановлення на них деталі під час механічної обробки.

Заготовка, з якої виготовляється деталь, виготовляється методом лиття. Виходячи з конструктивних особливостей та програми випуску деталі, що аналізується, найбільш оптимальним методом є лиття. Способи – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в оболонкові форми, лиття за виплавними моделями.

Разом з тим мають місце деякі нетехнологічні елементи в конструкції деталі:

- внутрішня конічна поверхня $60^\circ \pm 3^\circ$ – важкооброблювана, оскільки на неї встановлено досить високі норми точності і шорсткості;
- кромка, розміщена у такій частині деталі, що ускладнює її обробку.

2.1.2 Кількісний аналіз технологічності конструкції деталі

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів [1, 2]:

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}, \quad (2.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі;

Q_e – загальна кількість елементів.

Таблиця 2.1 – Визначення коефіцієнту уніфікації

Лінійні розміри	Діаметральні розміри	Кутові розміри	Шорсткість
1	2	3	4
36*	ø175	45°* (2 шт.)	Ra 1,6* (3 пов.)
17*	ø150*	60°±3°*	Ra 3,2* (1 пов.)
2*	ø32*		Ra 6,3* (12 пов.)
14*	ø13H12 ^{(+0,18)*} (4 пов.)		Ra 12,5* (8 пов.)
10*	ø20* (4 пов.)		
0,25*	ø43,55 ^{+0,25}		
0,25*	R1*		
4*	ø90H10 ^{(+0,14)*}		
4*	ø120h8 ^{(-0,054)*}		
12*			
1,5*			
Q _{заг} = 11 Q _{уніф} = 11	Q _{заг} = 15 Q _{уніф} = 13	Q _{заг} = 3 Q _{уніф} = 3	Q _{заг} = 24 Q _{уніф} = 24

Примітка: «*» – уніфікований розмір.

$$K_y = \frac{51}{53} = 0,96 > 0,6 .$$

Коефіцієнт точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{\sigma}}, \quad (2.2)$$

де T_{σ} – середній квалітет точності

$$T_{\varphi} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де T_i – квалітет точності оброблюваних поверхонь даної деталі,
 n_i – кількість поверхонь деталі, що мають точність T_i квалітету.

Таблиця 2.2 – Розрахунок коефіцієнту точності обробки

Квалітет	Кількість поверхонь	Розрахунок
8 – $\emptyset 120h8_{(-0,054)}$	1	$8 \cdot 1 = 8$
10 – $\emptyset 90H10^{(+0,14)}$	1	$10 \cdot 1 = 10$
12 – $\emptyset 13H12^{(+0,18)}$ (4 пов.)	4	$12 \cdot 4 = 48$
14 – всі інші поверхні	18	$14 \cdot 18 = 252$
Сума	24	318

$$T_{\varphi} = \frac{318}{24} = 13,25 ;$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{13,25} = 0,92 > 0,8 .$$

Коефіцієнт шорсткості поверхні

$$K_w = \frac{1}{\overline{R_a}}, \quad (2.4)$$

де $\overline{R_a}$ – середня шорсткість поверхні.

$$\overline{R_a} = \frac{\sum R_{a_k} \cdot n_k}{\sum n_k} \text{ [мкм]}, \quad (2.5)$$

де R_{a_k} – шорсткість оброблюваних поверхонь даної деталі;

n_k – кількість поверхонь, що мають шорсткість, яка відповідає певному

числовому значенню Ra, мкм.

Таблиця 2.3 – Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6 – 10; $\varnothing 43,55^{+0,25}$; $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$	3	$1,6 \cdot 3 = 4,8$
3,2 – $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$	1	$3,2 \cdot 1 = 3,2$
6,3 – всі інші поверхні	12	$6,3 \cdot 12 = 75,6$
12,5 – $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ (4 пов.); $\varnothing 20$ (4 пов.)	8	$12,5 \cdot 8 = 100$
Сума	24	183,6

$$Ш_{\varphi} = \frac{183,6}{24} = 7,65 ;$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7,65} = 0,13 < 0,32 .$$

Висновок. Отже, $K_y = 0,96 > 0,6$; $K_r = 0,92 > 0,8$; $K_{ш} = 0,13 < 0,32$ – деталь за кількісними показниками є технологічною.

2.2 Вибір способу виготовлення заготовки

2.2.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Вихідними даними для проектування заготовки є:

- креслення деталі «Кришка 90-32.T10»;
- маса деталі 4,7 кг;
- тип виробництва – великосерійний;
- матеріал деталі – Сталь 45Л;
- річна програма – 20000 штук.

Проаналізувавши умови, одержані в якості вихідних і розрахункових даних, робимо висновок, що заготовку потрібно виготовляти методом лиття, так як Сталь 45Л має добрі ливарні властивості. Можливі способи лиття – лиття в піщано-глинисті форми, лиття в оболонкові форми, лиття за виплавними моделями, лиття в облицьований кокіль, відцентрове лиття [8-12].

Висновок. Враховуючи тип виробництва – великосерійний, доцільно

вибрати продуктивні та точні способи виготовлення заготовки деталі.

Із лиття в разові форми оптимальним варіантом є лиття за виплавними моделями, так як одночасно можна виливати не одну, а декілька заготовок.

Із лиття в постійні форми може бути вибрано відцентрове лиття, так як заготовка досить простої конфігурації, циліндричної форми.

2.2.2 Розрахунок розмірів заготовки для двох способів її виготовлення

Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність та розрахункові розміри заготовки зводимо в табл. 2.4-2.5 [8, 9].

Розрахунок розмірів заготовки.

- При литті за виплавними моделями:

ø175	ø175+2·1,4 = ø177,8 (мм);
ø120h8 _(-0,054)	ø120+2·2,1 = ø124,2 (мм);
ø90H10 ^(+0,14)	ø90-2·1,9 = ø86,2 (мм);
ø32	ø32-2·1,1 = ø29,8 (мм);
36	36+2·1,1 = 38,2 (мм);
10	10+1,1-0,8 = 10,3 (мм);
14	14+1,1-0,9 = 14,2 (мм);
17	17+1,1-0,9 = 17,2 (мм);
ø20	ø20-2·0,9 = ø18,2 (мм);
ø13	ø13-2·0,9 = ø11,2 (мм).

Мінімальний діаметр литих отворів залежить від товщини стінки, що утворюється даним стержнем:

$$d_{\min} = d_0 + 0,1S \text{ [мм]}, \quad (2.6)$$

де d_0 – вихідний діаметр, мм; S – товщина стінки, мм;

$$d_{\min} = 10+0,1\cdot6 = 10,6 \text{ (мм)}.$$

$d_{\min} < \varnothing 11,2$ мм, тому цей отвір може бути виготовлений.

Таблиця 2.4 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Лиття за виплавними моделями								
	Згідно ДСТУ 8981–2020					Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	7т-11т					7			
Ступінь жолоблення елементів виливків	5-8					6			
Ступінь точності поверхонь виливків	7-12					8			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 10 мкм								
Клас точності маси виливків	5-12					7			
Ряд припусків на обробку виливків	2-5					3			
Розрахункові розміри	ø175	ø120h8 (-0,054)	ø90H10 (+0,14)	ø32	36	10	14	ø20	ø13
Допуски:									
розмірів	1,4	1,2	1,1	0,9	0,9	0,64	0,7	0,8	0,7
форми чи розміщення									
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	0,36	0,56	-	-	-	0,24	0,28
нерівностей	0,24								
маси, %	5								
Загальний допуск	1,6	1,4	1,4	1,2	1,1	0,8	0,9	0,9	0,9
Припуски:									
мінімальний	0,3								
	Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	4	2	1	1	1	1	1	1
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	3	-	-	-	-	-	1
прийнята кількість переходів	1	4	3	1	1	1	1	1	1
Загальний припуск	1,4	2,1	1,9	1,1	1,1	0,8	0,9	0,9	0,9
Розміри заготовки:									
розраховані	ø177,8	ø124,2	ø86,2	ø29,8	38,2	10,3	14,2	ø18,2	ø11,2

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів литих заготовок

Вихідні дані	Відцентрове лиття								
	Згідно ДСТУ 8981–2020					Прийнято			
Клас розмірної точності виливків	9г-13					9			
Ступінь жолоблення елементів виливків	3-6					4			
Ступінь точності поверхонь виливків	8-13					9			
Шорсткість поверхонь виливків	Ra = 12,5 мкм								
Клас точності маси виливків	7-15					9			
Ряд припусків на обробку виливків	3-6					4			
Розрахункові розміри	ø175	ø120h8 (-0,054)	ø90H10 (+0,14)	ø32	36	10	14	ø20	ø13
Допуски:									
розмірів	2,8	2,4	-	1,8	1,8	1,3	-	-	-
форми чи розміщення									
зміщення по площині роз'єму	-	-	-	-	-	-	-	-	-
зміщення через перекіс стержня	-	-	-		-	-	-	-	-
нерівностей	0,32								
маси, %	10								
Загальний допуск	3,2	2,4	-	2,0	2,0	1,6	-	-	-
Припуски:									
мінімальний	0,4								
	Кількість переходів механічної обробки								
За точністю розмірів	1	3	-	1	1	1	-	-	-
за відхиленнями форми і взаємного розміщення поверхонь	-	-	-	-	-	-	-	-	-
прийнята кількість переходів	1	3	-	1	1	1	-	-	-
Загальний припуск	2,3	3,1	-	1,8	1,8	1,5	-	-	-
Розміри заготовки:									
розраховані	ø179,6	ø126,2	-	ø28,4	39,6	10,3	-	-	-

- При відцентровому литті:

$\varnothing 175$	$\varnothing 175 + 2 \cdot 2,3 = \varnothing 179,6 \text{ (мм)};$
$\varnothing 120h8_{(-0,054)}$	$\varnothing 120 + 2 \cdot 3,1 = \varnothing 126,2 \text{ (мм)};$
$\varnothing 32$	$\varnothing 32 - 2 \cdot 1,8 = \varnothing 28,4 \text{ (мм)};$
36	$36 + 2 \cdot 1,8 = 39,6 \text{ (мм)};$
10	$10 + 1,8 - 1,5 = 10,3 \text{ (мм)}.$

2.2.3 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

Ескізи двох варіантів заготовки показані на рис. 2.3-2.4.

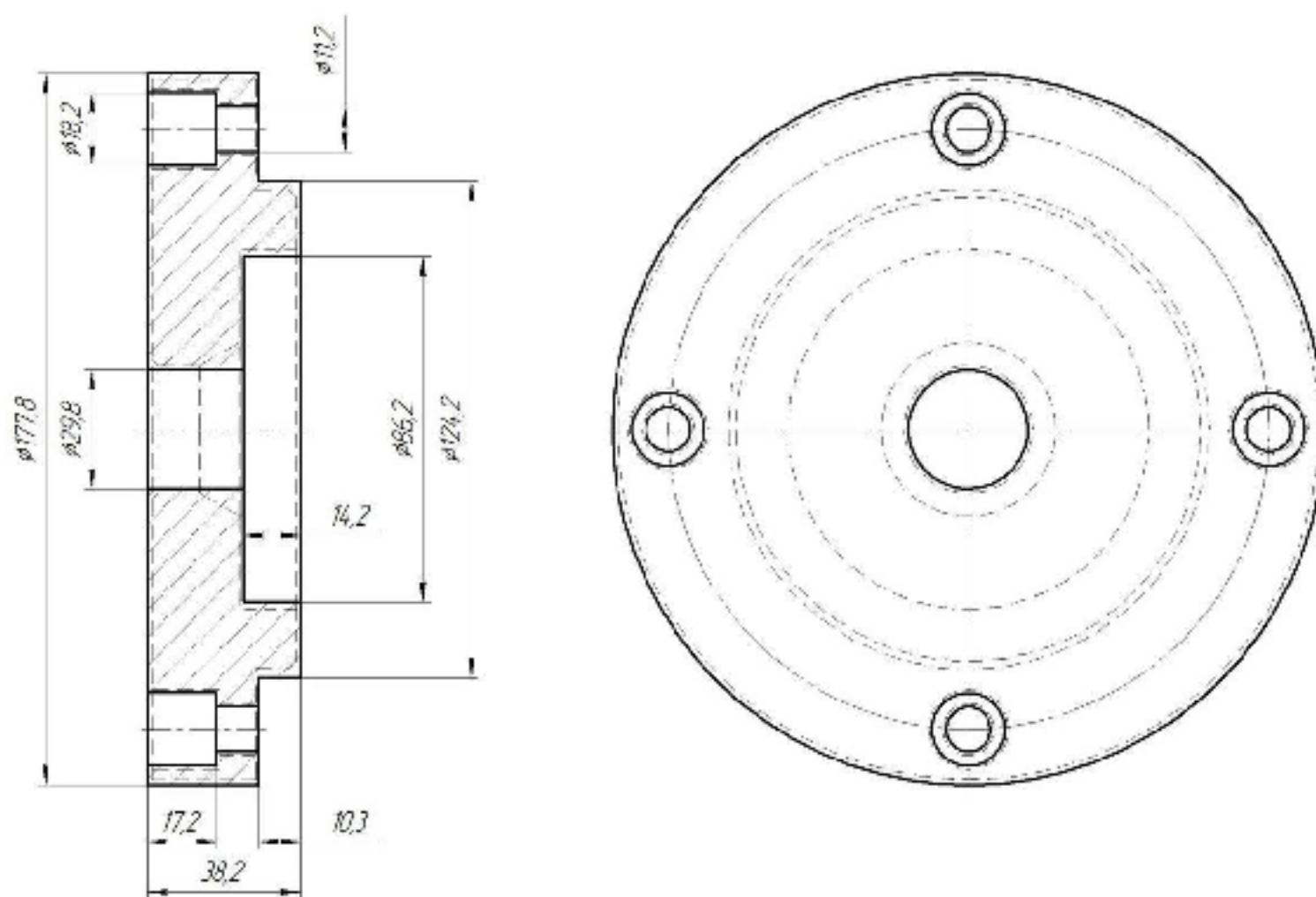


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки виготовленої литтям за виплавними моделями

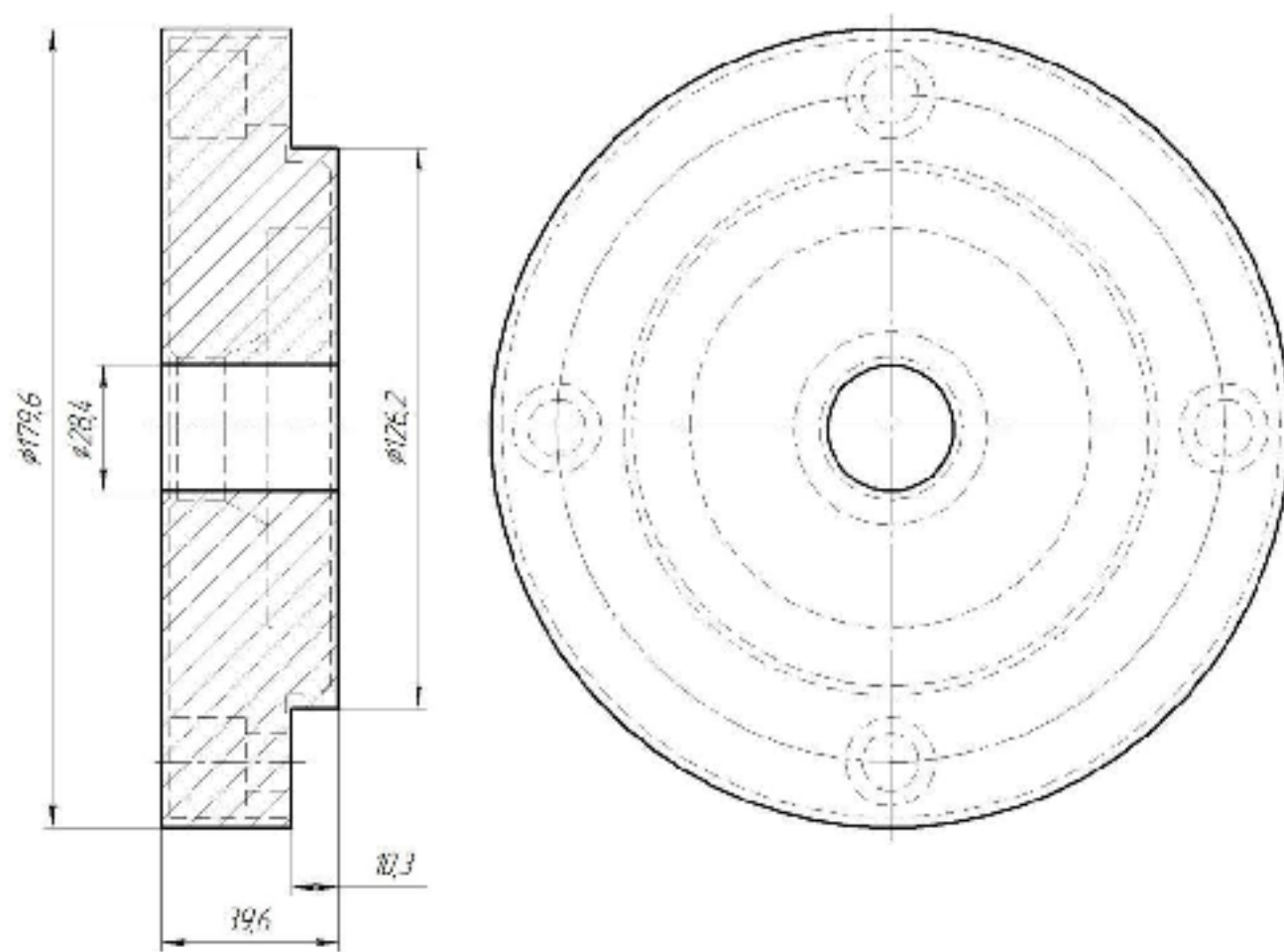


Рисунок 2.4 – Ескіз заготовки виготовленої відцентровим литтям

Призначення технічних вимог на литі заготовки

Для лиття за виплавними моделями.

1. Точність вилівка 7-6-9-9 Зм. 0. ГОСТ 26645-85.
2. Маса 4,7-0,09-5,44 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 5 мм.
4. Невказані ливарні нахили $0^{\circ}15'$ (зовнішні), $0^{\circ}45'$ (внутрішні).
5. Твердість матеріалу заготовки 42...47 HRc.
6. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 0,6$ мм на глибині 0,8 мм.

Для відцентрового лиття.

1. Точність вилівка 9-4-9-9 Зм. 0. ГОСТ 26645-85.
2. Маса 4,7-0,21-6,62 ГОСТ 26645-85.
3. Невказані ливарні радіуси 5 мм.
4. Твердість матеріалу заготовки 42...47 HRc.
5. Допускаються раковини, пустоти $\varnothing 1,5$ мм на глибині 1,8 мм.

Центр мас

$$X_c = 15,465367 \text{ мм}$$

$$Y_c = 0,000000 \text{ мм}$$

$$Z_c = 0,000000 \text{ мм}$$

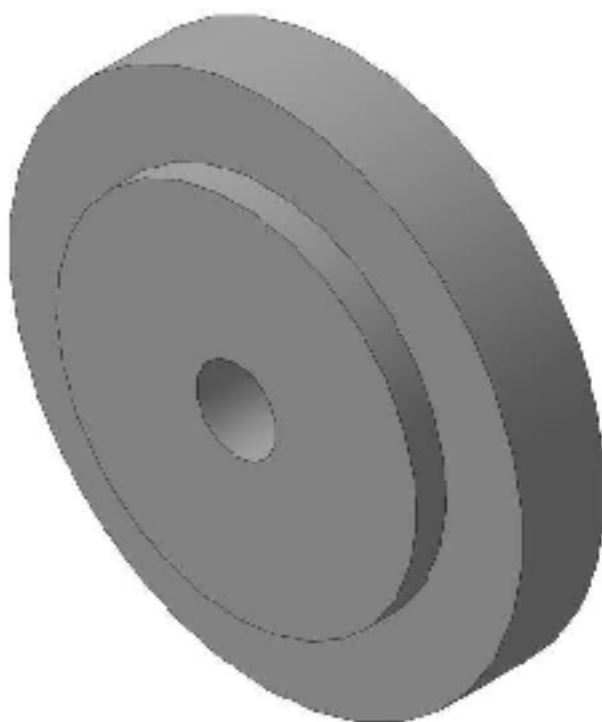


Рисунок 2.6 – 3D-модель вилівка виготовленого відцентровим литтям

Масо-центрувальні характеристики:

Задані параметри

Матеріал тіла Сталь 45л ГОСТ 1050-2013

Густина матеріалу тіла $R_o = 0,007820 \text{ г/мм}^3$

Розрахункові параметри (тіла і компонентів)

Маса $M = 6616,011178 \text{ г}$

Площа $S = 73549,648409 \text{ мм}^2$

Об'єм $V = 846037,235050 \text{ мм}^3$

Центр мас $X_c = 17,512537 \text{ мм}$

$$Y_c = 0,000000 \text{ мм}$$

$$Z_c = 0,000000 \text{ мм}$$

Коефіцієнт точності мали при литті за виплавними моделями:

$$\gamma_1 = \frac{4,7}{5,44} = 0,86 \text{ .}$$

Коефіцієнт точності мали при відцентровому литті:

$$\gamma_2 = \frac{4,7}{6,62} = 0,71 .$$

2.2.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів виготовлення заготовки і вибір найбільш раціонального

Розрахунок собівартості виготовлення литої заготовки визначається за формулою [8]:

$$C_{\text{зал}} = \frac{S_i}{1000} \cdot Q_{\text{зал}} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_s \cdot K_n \cdot K_p - (Q_{\text{зал}} - Q_{\text{вх}}) \frac{S_{\text{вх}}}{1000} \text{ [грн.]}, \quad (2.8)$$

де S_i – базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

$Q_{\text{вх}}$, $Q_{\text{зал}}$ – маса, відповідно, деталі, заготовки, кг;

K_m , K_c , K_s , K_n , K_p – коефіцієнти, що залежать, відповідно, від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і обсягу виробництва заготовок;

$S_{\text{вх}}$ – ціна однієї тонни відходів (стружки), грн.

Для лиття за виплавними моделями [8]

$$S = 148000 \text{ грн./т}; S_{\text{вх}} = 2000 \text{ грн./т};$$

$$K_m = 1,0; K_c = 1,0; K_s = 1,0; K_n = 0,45; K_p = 0,83.$$

Тоді собівартість вилівка

$$C_{\text{зал}} = \frac{148000}{1000} \cdot 5,44 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,45 \cdot 0,83 - (5,44 - 4,7) \frac{2000}{1000} = 298,16 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно при відцентровому литті

$$S = 76800 \text{ грн./т}; S_{\text{відх}} = 2000 \text{ грн./т};$$

$$K_m = 1,0; K_c = 1,18; K_e = 1,0; K_{\text{ш}} = 0,92; K_{\text{ж}} = 0,95;$$

$$C_{\text{заг. 2}} = \frac{76800}{1000} \cdot 6,62 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,0 \cdot 0,92 \cdot 0,95 - (6,62 - 4,7) \frac{2000}{1000} = 509,7 \text{ (грн.)}$$

Остаточно приймаємо варіант виготовлення заготовки – лиття за виплавними моделями.

Економічний ефект при використанні лиття за виплавними моделями

$$E = (C_{\text{заг. 2}} - C_{\text{заг. 1}}) \cdot N \text{ [грн.]}, \quad (2.9)$$

$$E = (509,7 - 298,16) \cdot 20000 = 4230800 \text{ (грн.)}$$

Висновок. Розрахунки вказують, що найбільш вигідний з точки зору техніко-економічної ефективності є заготовка, яка виготовляється литтям за виплавними моделями.

2.3 Розробка маршруту механічної обробки

2.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь з підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$

Визначимо загальне уточнення для циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ з шорсткістю $Ra = 1,6 \text{ мкм}$ [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{T_2}{T_3} \cdot \dots \cdot \frac{T_n}{T_{\text{дет}}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n; \quad (2.10)$$

$$\varepsilon = \frac{1200}{54} = 22,2;$$

де $T_{\text{заг}} = 1200$ мкм – допуск заготовки;

$T_{\text{дет}} = 54$ мкм – допуск деталі;

ε – загальне уточнення;

n – число ступенів обробки;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \dots, \varepsilon_n$ – окремі ступені уточнення;

$T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ – допуски на проміжні розміри після технологічних переходів.

Приймаємо $n = 3$ ступені механічної обробки, призначивши:

$$\varepsilon_1 = 5;$$

$$\varepsilon_2 = 3;$$

$$\varepsilon_3 = 1,48.$$

Тоді загальне уточнення

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5 \cdot 3 \cdot 1,48 = 22,2.$$

Допуски на проміжні розміри:

$$T_1 = 1200/5 = 240 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT11});$$

$$T_2 = 240/3 = 80 \text{ (мкм)} \quad (\approx \text{IT9});$$

$$T_3 = 80/1,48 = 54 \text{ (мкм)} \quad (\text{IT8}).$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні:

- точіння попереднє;
- точіння попереднє;
- точіння остаточне.

Реалізувати ці переходи можливо на верстатах ЧПК.

Якщо відсутнє обладнання з ЧПК то технологічний процес має включати наступні операції:

- точіння попереднє;
- точіння остаточне;
- шліфування однократне.

Аналогічно визначимо загальне уточнення для циліндричної поверхні $\varnothing 90H10^{(+0,14)}$ з шорсткістю $Ra = 3,2$ мкм:

$$\varepsilon = \frac{1100}{140} = 7,86 ;$$

Приймаємо $n = 3$ ступені механічної обробки, призначивши:

$$\begin{aligned}\varepsilon_1 &= 5; \\ \varepsilon_2 &= 1,57.\end{aligned}$$

Тоді загальне уточнення

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 = 5 \cdot 1,57 = 7,86.$$

Допуски на проміжні розміри:

$$\begin{aligned}T_1 &= 1100/5 = 220 \text{ (мкм)} \quad (\approx IT11); \\ T_2 &= 220/1,57 = 140 \text{ (мкм)} \quad (IT10).\end{aligned}$$

Остаточно приймаємо наступні переходи механічної обробки даної поверхні на верстатах з ЧПК:

- розточування попереднє;
- розточування остаточне.

Таблиця 2.6 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Квалітет точності	Шорсткість R_a , мкм	Вид механічної обробки
1	2	3	4
$\varnothing 120h8_{(-0,054)}$	8	1,6	Точіння попереднє; точіння попереднє; точіння остаточне
$\varnothing 90H10^{(+0,14)}$	10	3,2	Розточування попереднє; розточування остаточне

2.3.2 Вибір чистових і чорнових технологічних баз

- Вибір чистових технологічних баз

Основною задачею вибору чистових технологічних баз є мінімізація або відсутність похибок базування на отримувані розміри.

Базами деталі на операції 010 (рис. 2.7) є торець деталі зі сторони поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ (точки 1-3) та вісь поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$ (точки 4, 5) і уявна точка 6, що реалізується за рахунок сил тертя.

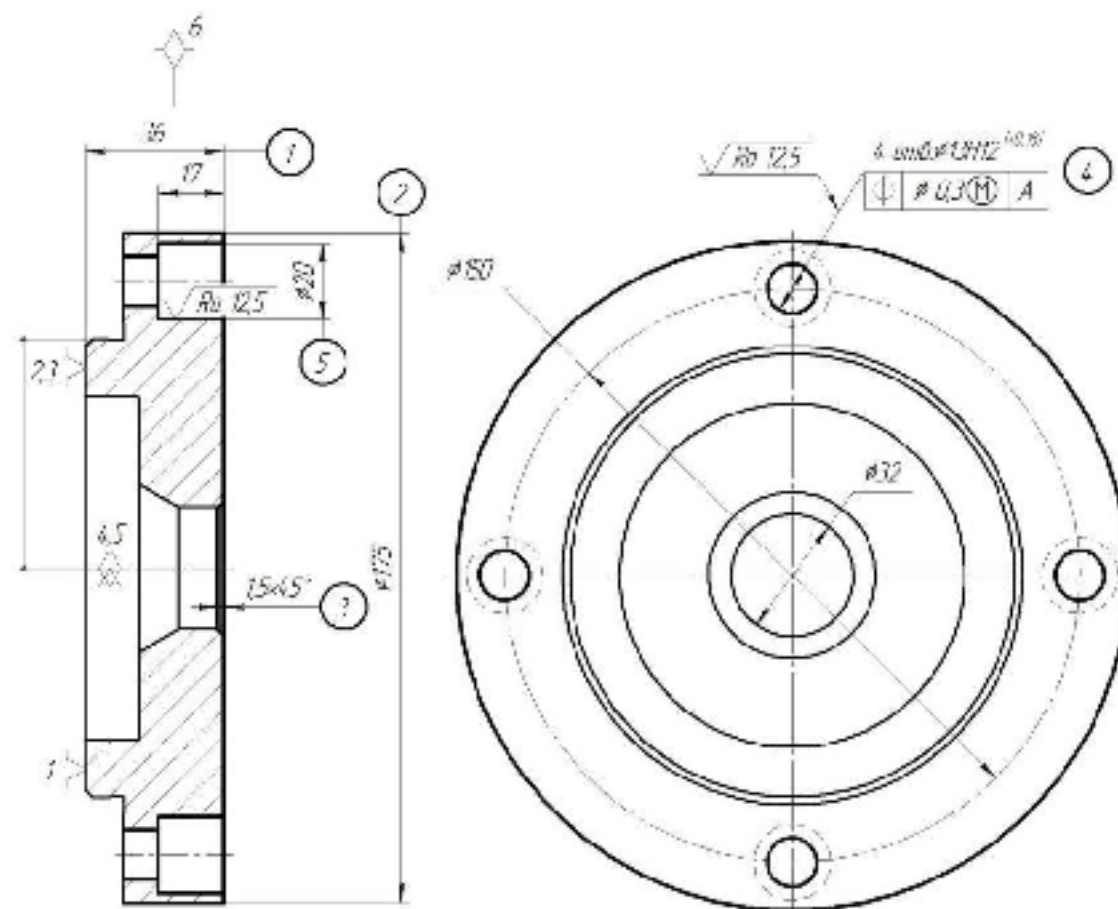
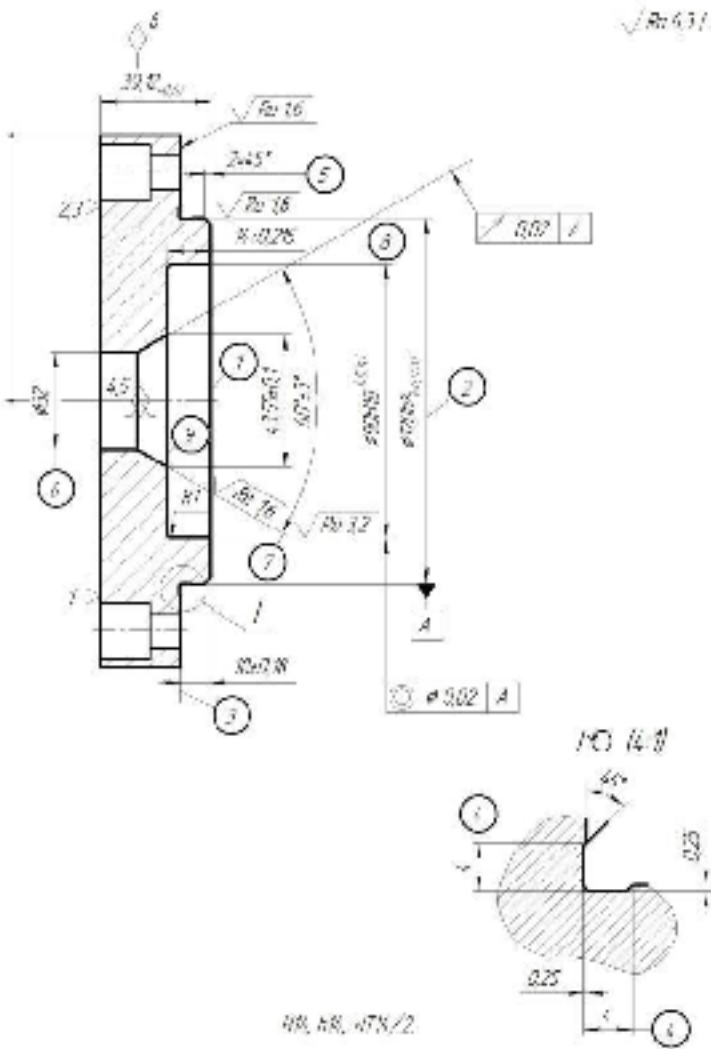
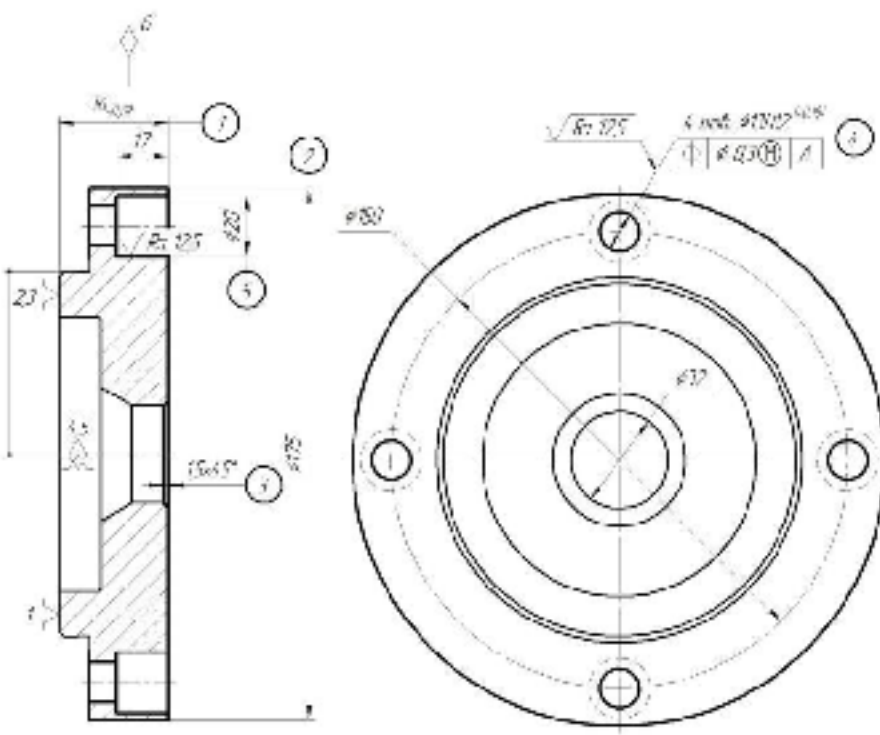


Рисунок 2.7 – Схема базування на 010 операції (чистові бази)

Для вибраної схеми базування похибки базування на отримувані розміри:

2.3.3 Розробка маршруту механічної обробки

Таблиця 2.7 – Маршрут механічної обробки

№ операції	Найменування операції та зміст переходів механічної обробки	Ескіз обробки, схема базування	Обладнання
005	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити, закріпити заготовку. 2. Точити поверхні 1 одинкратно, поверхні 2, 3 поперечно. 3. Точити поверхні 2, 3 поперечно. 4. Розточити канавку 4 одинкратно. 5. Точити фаску 5 одинкратно, поверхні 2, 3 остаточно. 6. Розточити отвір 6 одинкратно. 7. Розточити конус 7 поперечно. 8. Розточити конус 7 поперечно. 9. Розточити конус 7 поперечно. 10. Розточити отвір 8 поперечно з подізнанням торця 9 одинкратно. 11. Розточити отвір 8 остаточно. 12. Зняти заготовку.	 HB, HR, H7N/2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК високої точності 160MT
010	Токарно-револьверна з ЧПК 1. Встановити, закріпити заготовку. 2. Точити поверхні 1, 2 одинкратно. 3. Розточити фаску 3 одинкратно. 4. Розсвердлити чотири отвори 4. 5. Цекувати чотири отвори 5. 6. Зняти деталь.	 HB, HR, H7N/2	Токарно-револьверний верстат з ЧПК 17420ПФ40

2.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

- Вибір розташування технологічних розмірів

Розташування технологічних розмірів представлено на розмірній схемі технологічного процесу (рис. 2.9) [1, 13].

Для розмірів B_1, B_6 – виконується принцип суміщення баз.

Для розмірів $B_2, B_3, B_4, B_5, B_7, B_8$ – виконується принцип обробки з одного установа.

- Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски розмірів вихідної заготовки вибрано при розрахунку заготовки. Допуски технологічних розмірів прийнято за довідниковими даними [1, 13] згідно квалітету точності виконуваного розміру. Всі дані занесені до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Допуски розмірів вихідної заготовки і технологічних розмірів

Вихідна заготовка			
Розмір	Спосіб виготовлення	Клас розмірної точності	Допуск, мм
3 ₁	Лиття за виплавними моделями	7	0,9
3 ₂			0,7
3 ₃			0,64
3 ₄			0,8
Механічна обробка			
Технологічний розмір	Спосіб обробки	Квалітет точності	Допуск, мм
B ₁	Точіння однократне	IT 14	0,62
B ₂	Точіння попереднє	IT 14	0,36
B ₃	Точіння попереднє	IT 14	0,36
B ₄	Точіння остаточне	IT 14	0,36
B ₅	Точіння однократне	IT 14	0,43
B ₆	Точіння однократне	IT 14	0,62
B ₇	Цекування однократне	IT 14	0,43
B ₈	Точіння однократне	IT 14	0,43

- Розмірна схема технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу показана на рис. 2.9.

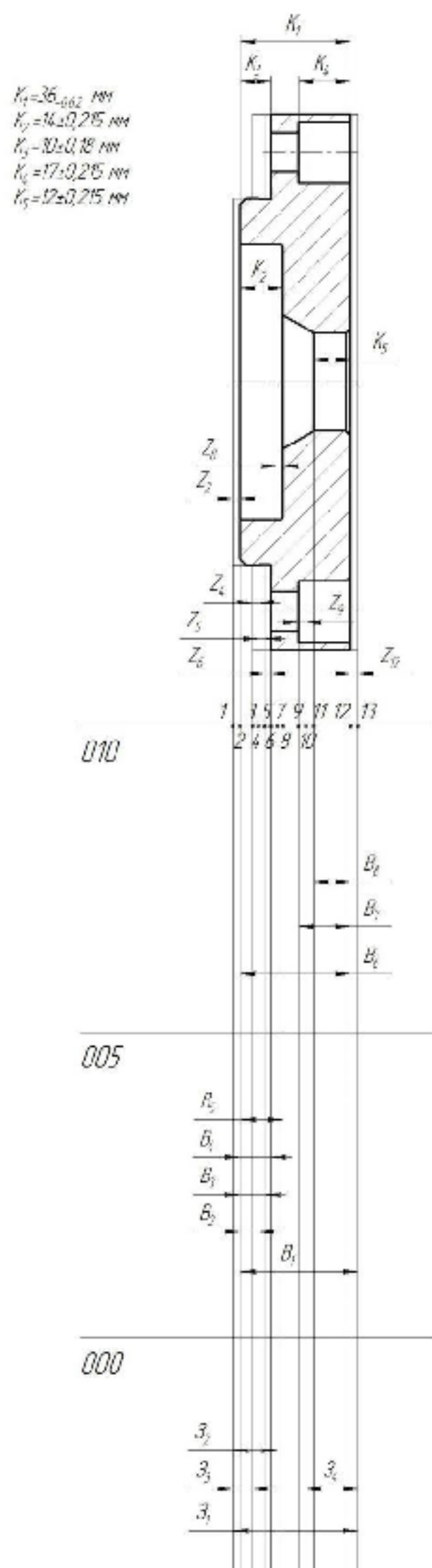


Рисунок 2.9 – Розмірна схема технологічного процесу

- Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

Граф-дерева зображені на рис. 2.10-2.12.

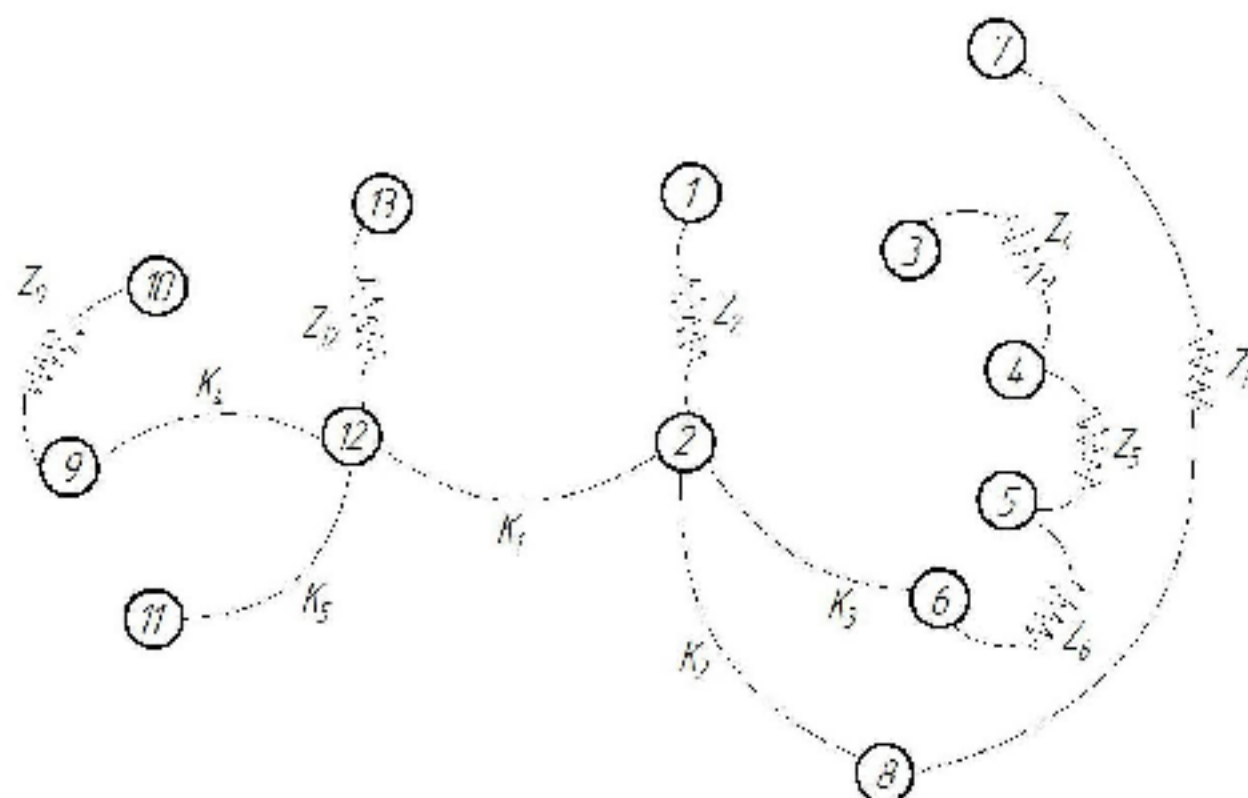


Рисунок 2.10 – Вихідний граф-дерево

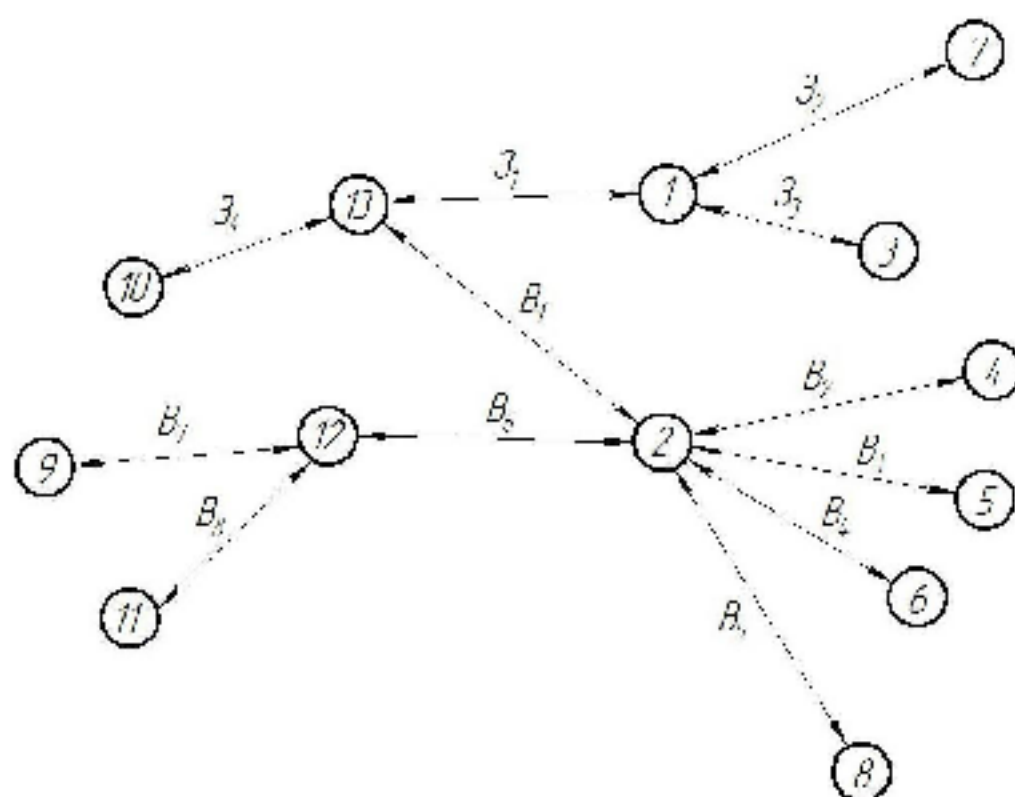


Рисунок 2.11 – Похідний граф-дерево

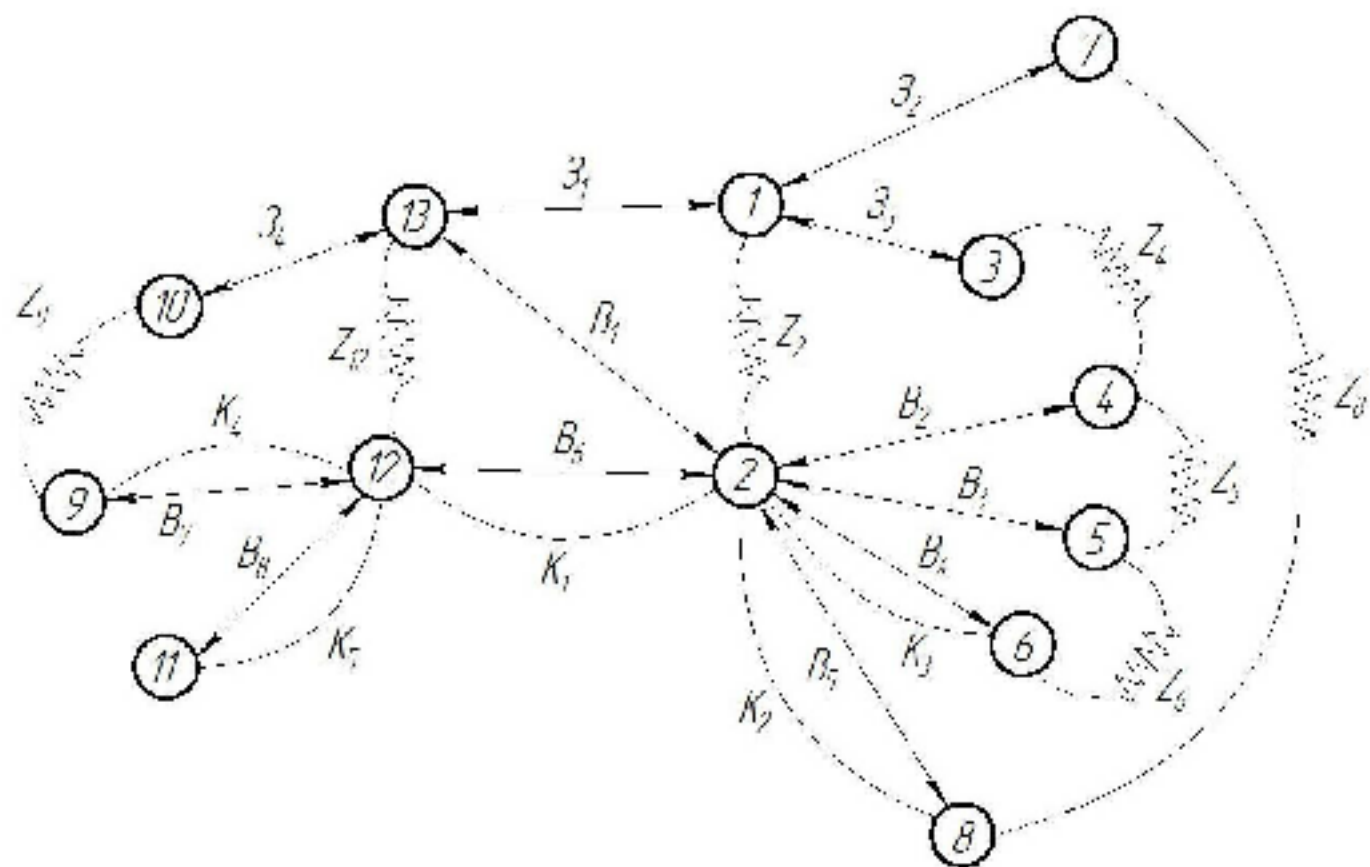


Рисунок 2.12 – Суміщений граф

- Таблиця рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

Таблиця 2.9 – Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K_5 + B_8 = 0$	$K_5 = B_8$	B_8
2	$-K_4 + B_7 = 0$	$K_4 = B_7$	B_7
3	$-K_1 + B_6 = 0$	$K_1 = B_6$	B_6
4	$-K_2 + B_5 = 0$	$K_2 = B_5$	B_5
5	$-K_3 + B_4 = 0$	$K_3 = B_4$	B_4
6	$-Z_6 - B_3 + B_4 = 0$	$Z_6 = B_4 - B_3$	B_3
7	$-Z_5 - B_2 + B_3 = 0$	$Z_5 = B_3 - B_2$	B_2
8	$-Z_{12} - B_6 + B_1 = 0$	$Z_{12} = B_1 - B_6$	B_1
9	$-Z_2 + 3_1 - B_1 = 0$	$Z_2 = 3_1 - B_1$	3_1
10	$-Z_8 - 3_2 + 3_1 - B_1 + B_5 = 0$	$Z_8 = 3_1 - 3_2 - B_1 + B_5$	3_2
11	$-Z_4 - 3_3 + 3_1 - B_1 + B_2 = 0$	$Z_4 = 3_1 - 3_3 - B_1 + B_2$	3_3
12	$-Z_9 + B_7 - B_6 + B_1 - 3_4 = 0$	$Z_9 = B_7 - B_6 + B_1 - 3_4$	3_4

- Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь (за нормативами)

Проміжні мінімальні припуски вибрані згідно [14]. Дані табличних припусків зводимо в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Проміжні мінімальні припуски на обробку плоских поверхонь

Позначення припуску	Спосіб обробки, під час використання якої знімається припуск	Кількісне значення мінімального припуску, мм
Z_2	Точіння однократне	2,0
Z_4	Точіння попереднє	2,5
Z_5	Точіння попереднє	1,4
Z_6	Точіння остаточне	0,5
Z_8	Точіння однократне	2,0
Z_9	Цекування однократне	2,0
Z_{12}	Точіння однократне	2,5

- Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Рівняння 1:

$$B_8 = K_5 = 12 \pm 0,215 \text{ мм};$$

$$B_{8\min} = 11,785 \text{ мм};$$

$$B_{8\max} = 12,215 \text{ мм}.$$

Рівняння 2:

$$B_7 = K_4 = 17 \pm 0,215 \text{ мм};$$

$$B_{7\min} = 16,785 \text{ мм};$$

$$B_{7\max} = 17,215 \text{ мм}.$$

Рівняння 3:

$$B_6 = K_1 = 36_{-0,62} \text{ мм};$$

$$B_{6\min} = 35,38 \text{ мм};$$

$$B_{6\max} = 36 \text{ мм}.$$

Рівняння 4:

$$B_5 = K_2 = 14 \pm 0,215 \text{ мм};$$

$$B_{5\min} = 13,785 \text{ мм};$$

$$B_{5\max} = 14,215 \text{ мм.}$$

Рівняння 5:

$$B_4 = K_3 = 10 \pm 0,18 \text{ мм;}$$

$$B_{4\min} = 9,82 \text{ мм;}$$

$$B_{4\max} = 10,18 \text{ мм.}$$

Рівняння 6:

$$Z_6 = B_4 - B_3;$$

$$Z_{6\min} = B_{4\min} - B_{3\max};$$

$$B_{3\max} = B_{4\min} - Z_{6\min} = 9,82 - 0,5 = 9,32 \text{ (мм);}$$

$$B_{3\min} = B_{3\max} - T(B_3) = 9,32 + 0,36 = 8,96 \text{ (мм);}$$

$$Z_{6\max} = B_{4\max} - B_{3\min} = 10,18 - 8,96 = 1,22 \text{ (мм).}$$

Рівняння 7:

$$Z_5 = B_3 - B_2;$$

$$Z_{5\min} = B_{3\min} - B_{2\max};$$

$$B_{2\max} = B_{3\min} - Z_{5\min} = 8,96 - 1,4 = 7,56 \text{ (мм);}$$

$$B_{2\min} = B_{2\max} - T(B_2) = 7,56 + 0,36 = 7,2 \text{ (мм);}$$

$$Z_{5\max} = B_{3\max} - B_{2\min} = 9,32 - 7,2 = 2,12 \text{ (мм).}$$

Рівняння 8:

$$Z_{12} = B_1 - B_6;$$

$$Z_{12\min} = B_{1\min} - B_{6\max};$$

$$B_{1\min} = Z_{12\min} + B_{6\max} = 2,5 + 36 = 38,5 \text{ (мм);}$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 38,5 + 0,62 = 39,12 \text{ (мм);}$$

$$Z_{12\max} = B_{1\max} - B_{6\min} = 39,12 - 35,38 = 3,74 \text{ (мм).}$$

Рівняння 9:

$$Z_2 = 3_1 - B_1;$$

$$Z_{2\min} = 3_{1\min} - B_{1\max};$$

$$3_{1\min} = Z_{2\min} + B_{1\max} = 2,0 + 39,12 = 41,12 \text{ (мм);}$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 41,12 + 0,9 = 42,02 \text{ (мм);}$$

$$Z_{2\max} = 3_{1\max} - B_{1\min} = 42,02 - 38,5 = 3,52 \text{ (мм).}$$

Рівняння 10:

$$Z_8 = 3_1 - 3_2 - B_1 + B_5;$$

$$Z_{8\min} = 3_{1\min} - 3_{2\max} - B_{1\max} + B_{5\min};$$

$$3_{2\max} = 3_{1\min} - Z_{8\min} - B_{1\max} + B_{5\min} = 41,12 - 2,0 - 39,12 + 13,785 = 13,785 \text{ (мм)};$$

$$3_{2\min} = 3_{2\max} - T(3_2) = 13,785 - 0,7 = 13,085 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8\max} = 3_{1\max} - 3_{2\min} - B_{1\min} + B_{5\max} = 42,02 - 13,085 - 38,5 + 14,215 = 4,65 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 11:

$$Z_4 = 3_1 - 3_3 - B_1 + B_2;$$

$$Z_{4\min} = 3_{1\min} - 3_{3\max} - B_{1\max} + B_{2\min};$$

$$3_{3\max} = 3_{1\min} - Z_{4\min} - B_{1\max} + B_{2\min} = 41,12 - 2,5 - 39,12 + 7,2 = 6,7 \text{ (мм)};$$

$$3_{3\min} = 3_{3\max} - T(3_3) = 6,7 - 0,64 = 6,06 \text{ (мм)};$$

$$Z_{4\max} = 3_{1\max} - 3_{3\min} - B_{1\min} + B_{2\max} = 42,02 - 6,06 - 38,5 + 7,2 = 4,66 \text{ (мм)}.$$

Рівняння 12:

$$Z_9 = B_7 - B_6 + B_1 - 3_4;$$

$$Z_{9\min} = B_{7\min} - B_{6\max} + B_{1\min} - 3_{4\max};$$

$$3_{4\max} = B_{7\min} - B_{6\max} + B_{1\min} - Z_{9\min} = 16,785 - 36 + 38,5 - 2,0 = 17,285 \text{ (мм)};$$

$$3_{4\min} = 3_{4\max} - T(3_4) = 17,285 - 0,8 = 16,485 \text{ (мм)};$$

$$Z_{9\max} = B_{7\max} - B_{6\min} + B_{1\max} - 3_{4\min} = 17,215 - 35,38 + 39,12 - 16,485 = 4,47 \text{ (мм)}.$$

Отримані значення максимальних припусків записано до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Максимальні припуски, мм

Припуски		Z_2	Z_4	Z_5	Z_6	Z_8	Z_9	Z_{12}
Граничні значення	$Z_{\min}$	2,0	2,5	1,4	0,5	2,0	2,0	2,5
	$Z_{\max}$	3,52	4,66	2,12	1,22	4,65	4,47	3,74

Остаточні значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів приведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та допуски цих розмірів, мм

Поначення розміру	Граничні значення розмірів		Допуск	Номінальний розмір	Значення розміру у технологічному документі	Значення розміру на кресленні вихідної заготовки
	min	max				
B_1	38,5	39,12	0,62	39,12	$39,12_{-0,62}$	-
B_2	7,2	7,56	0,36	7,38	$7,38 \pm 0,18$	-
B_3	8,96	9,32	0,36	9,14	$9,14 \pm 0,18$	-
B_4	9,82	10,18	0,36	10	$10 \pm 0,18$	-
B_5	13,785	14,215	0,43	14	$14 \pm 0,215$	-
B_6	35,38	36	0,62	36	$36_{-0,62}$	-
B_7	16,785	17,215	0,43	17	$17 \pm 0,215$	-
B_8	11,785	12,215	0,43	12	$12 \pm 0,215$	-
Z_1	41,12	42,02	0,9	42,02	-	$42,02_{-0,9}$
Z_2	13,085	13,785	0,7	13,435	-	$13,435 \pm 0,35$
Z_3	6,06	6,7	0,64	6,38	-	$6,38 \pm 0,32$
Z_4	16,485	17,285	0,8	16,885	-	$16,885 \pm 0,4$

Висновок. Таким чином, в результаті виконання розмірного аналізу технологічного процесу механічної обробки деталі визначені технологічні розміри $B_1 \dots B_8$, розміри вихідної заготовки $Z_1 \dots Z_4$. Це дозволяє забезпечити знаходження дійсних значень всіх конструкторських розмірів $K_1 \dots K_5$ в межах полів допусків. Корекція допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки не потрібна.

2.3.5 Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь

Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$.

Значення R_z і T , які характеризують якість поверхні заготовки визначаємо згідно [1], вони складають відповідно 300 мкм.

Значення R_z і T після технологічних переходів знаходимо по [1], записуємо їх в розрахункову табл. 2.13.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки визначаємо за формулою:

$$\rho_3 = \rho_{кор} \text{ [мкм]}. \quad (2.11)$$

Короблення слід враховувати як в діаметральному, так і в осьовому перерізі, тому

$$\rho_3 = \rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k D)^2 + (\Delta_k \ell)^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.12)$$

$$\rho_3 = \rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 120)^2 + (0,7 \cdot 10)^2} = 84 \text{ (мкм)},$$

де $\Delta_k = 0,7$ – питома кривизна заготовки [1],

$D = 120$ мм – діаметр оброблюваної поверхні,

$\ell = 10$ мм – довжина оброблюваної поверхні.

Остаточні просторові відхилення

- після точіння попереднього $\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_{заг} = 0,05 \cdot 84 = 4,2 \text{ (мкм)} \approx 4 \text{ (мкм)}$;
- після точіння попереднього $\rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 0,05 \cdot 4,2 = 0,22 \text{ (мкм)} \approx 0 \text{ (мкм)}$;
- після точіння остаточного $\rho_3 = 0,05 \cdot \rho_2 = 0,05 \cdot 0,22 = 0 \text{ (мкм)}$.

Похибка установки при попередньому точінні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}, \quad (2.13)$$

де ε_6 – похибка базування,

ε_3 – похибка закріплення.

При вибраній схемі базування $\varepsilon_6 = 0$.

Похибку закріплення заготовки [1] ε_3 приймаємо рівною 120 мкм.

Тоді похибка установки при попередньому точінні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0^2 + 120^2} = 120 \text{ (мкм)}.$$

Остаточні похибки установки

- при послідуєчому точінні попередньому $\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 = 0,05 \cdot 140 = 7$ (мкм),
- при послідуєчому точінні попередньому $\varepsilon_3 = 0,05 \cdot \varepsilon_2 = 0,05 \cdot 7 = 0,35$ (мкм).

На основі записаних в таблиці даних проводимо розрахунок мінімальних значень між операційних припусків, користуючись загальною формулою:

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{ji}^2}) \text{ [мкм]}. \quad (2.14)$$

Мінімальний припуск:

- під точіння попереднє $2Z_{\min} = 2(300 + \sqrt{84^2 + 140^2}) = 2 \cdot 463$ (мкм);
- під точіння попереднє $2Z_{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{4^2 + 7^2}) = 2 \cdot 108$ (мкм);
- під точіння остаточне $2Z_{\min} = 2(30 + 30 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 2 \cdot 60$ (мкм).

Розрахунковий розмір d_p отримуємо починаючи з кінцевого (креслярського) розміру шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

$$d_{p2} = 119,946 + 0,120 = 120,066 \text{ (мм)};$$

$$d_{p1} = 120,066 + 0,216 = 120,282 \text{ (мм)};$$

$$d_{p\text{заг}} = 120,282 + 0,926 = 121,208 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо найбільші граничні розміри $d_{\max}$:

$$d_{\max3} = 119,946 + 0,054 = 120 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max2} = 120,066 + 0,087 = 120,153 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max1} = 120,282 + 0,22 = 120,502 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max \text{ заг}} = 121,208 + 1,2 = 122,408 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\max}^{op}$ визначаємо як різницю найбільших

граничних розмірів, а $Z_{\min}^{op}$ – відповідно як різницю найменших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів.

$$2Z_{\max 3}^{op} = 120,153 - 120 = 0,153 \text{ (мм)} = 153 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2}^{op} = 120,502 - 120,153 = 0,349 \text{ (мм)} = 349 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1}^{op} = 120,408 - 120,502 = 1,906 \text{ (мм)} = 1906 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 3}^{op} = 120,066 - 119,946 = 0,12 \text{ (мм)} = 120 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 2}^{op} = 120,282 - 120,066 = 0,216 \text{ (мм)} = 216 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\min 1}^{op} = 121,208 - 120,282 = 0,926 \text{ (мм)} = 926 \text{ (мкм)}.$$

Загальний номінальний припуск і номінальний розмір заготовки

$$Z_{0\text{ном}} = Z_{0\text{min}} + H_3 - H_d = 1262 + 600 - 54 = 1808 \text{ (мкм)};$$

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{дет ном}} + Z_{0\text{ном}} = 120 + 1,808 = 121,808 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 2.13 – Розраховані припуски на обробку і проміжні граничні розміри по технологічним переходам для зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$

Технологічний процес механічної обробки поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$	Елементи припуску, мкм				Розрах. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мкм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε_y				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}^{op}$	$2Z_{\max}^{op}$
Заготовка	300		84	—	—	121,208	1200	121,208	122,408	—	—
Точіння попереднє	50	50	4	140	2·463	120,282	220	120,282	121,502	2·463	2·953
Точіння попереднє	30	30	0	7	2·108	120,066	87	120,066	120,153	2·108	2·174,5
Точіння остаточне	3	—	—	—	2·60	119,946	54	119,946	120	2·60	2·76,5
										Σ 2·631	Σ 2·1204

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків

$$\begin{aligned}
2Z_{\max 3}^{ip} - 2Z_{\min 3}^{ip} &= 153 - 120 = 33 \text{ (мкм)}; & \delta_2 - \delta_3 &= 87 - 54 = 33 \text{ (мкм)}; \\
2Z_{\max 2}^{ip} - 2Z_{\min 2}^{ip} &= 349 - 216 = 133 \text{ (мкм)}; & \delta_1 - \delta_2 &= 220 - 87 = 133 \text{ (мкм)}; \\
2Z_{\max 1}^{ip} - 2Z_{\min 1}^{ip} &= 1906 - 926 = 980 \text{ (мкм)}; & \delta_{\text{заг}} - \delta_1 &= 1200 - 220 = 980 \text{ (мкм)}.
\end{aligned}$$

Отже, розрахунок припусків виконано вірно.

4.7 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричних поверхонь

Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні показано в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Нормативний вибір припусків та між операційних розмірів на інші поверхні

Технологічні переходи обробки	Розраху- ковий мінімальний припуск $2Z_{\min}$, мм	Розраху- ковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Ø175							
Точіння однократне	-	176,6	1400	176,6	178	-	-
	2·1,3	174	1000	174	175	2·1,3	2·1,5
Ø32							
Розточування однократне	-	27,62	900	26,72	27,62	-	-
	2·1,5	30,62	620	30	30,62	2·1,5	2·1,64

2.3.6 Визначення режимів різання на обробку

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для точіння попереднього поверхні $\phi 120h8_{(-0,054)}$ (операція 005, перехід 2) [15-17].

Для операції попереднього точіння поверхні $\phi 120h8_{(-0,054)}$ вибираємо марку сплава для ріжучої частини різця Т15К6. Різець прохідний: $\alpha=12^\circ$; $r=2.4$; $\varphi=45^\circ$; $\varphi_1=45^\circ$; $\lambda=0$; $Ra=6,3$ (мкм.).

При чорновому точінні $t = 0,9$ мм; $T = 60$ хв.

Згідно [15-17] вибираємо подачу $S = 0,7-1,2$ мм/об. Приймаємо $S = 0,8$ мм/об.

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \text{ [м/хв.]}, \quad (2.15)$$

де $C_v=340$; $x=0,15$; $y=0,45$; $m=0,20$.

Поправковий коефіцієнт K_v складається з:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IB} \cdot K_\phi \cdot K_{\phi 1}, \quad (2.16)$$

де K_{MV} – коефіцієнт, враховуючий якість обробки матеріалів

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.17)$$

де $K_r=1$ – коефіцієнт, що характеризує групу сталі, $n_v=1$, $\sigma_B=500-610$ МПа.

$$K_{MV} = 1 \left(\frac{750}{550} \right)^1 = 1,36,$$

$K_{PV}=1$ – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні.

$K_{IB}=1$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту.

$K_\phi=1$, $K_{\phi 1}=0,87$ – коефіцієнти, що враховують кути в плані.

$$K_v = 1,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 1,18.$$

Отже,

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 1,18 = 154,63 \left(\frac{\text{м}}{\text{хв}} \right);$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ [об/хв.]} \quad (2.18)$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 154,63}{3,14 \cdot 100,6} = 518 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 520$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання за формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [м/хв.]}, \quad (2.19)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 100,6 \cdot 520}{1000} = 155,12 \text{ (м/хв.)}$$

Сила різання

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.20)$$

де $C_p=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$ згідно [11].

$K_p=K_{mp} \cdot K_{fp} \cdot K_{yp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}=0,51 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1=0,51$ – поправковий коефіцієнт [11].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{550}{750} \right)^{2,14} = 0,51 ;$$

Отже,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,9^1 \cdot 0,8^{0,75} \cdot 155,12^{-0,15} \cdot 0,51 = 303,5 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ [кВт]}, \quad (2.21)$$

$$N_{\max} = \frac{303,5 \cdot 155,12}{1020 \cdot 60} = 0,77 \text{ (кВт)}.$$

Висновок. Потужність різання складає $N_{\max} = 0,77$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 160НТ – $N = 12$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N = 0,77$ кВт $< N = 12$ кВт, то верстат може бути використаний для обробки.

Приведемо приклад аналітичного розрахунку режимів різання для свердління отвору $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ (операція 010) [15-17].

Аналітичний розрахунок режимів різання для свердління отвору $\varnothing 13H12^{(+0,18)}$ розпочинається із визначення глибини різання.

$$t = \frac{13 - 11,2}{2} = 0,9 \text{ (мм)}.$$

Подачу рекомендують приймати в межах від 0,15 до 0,20 мм/об при заданих умовах обробки. Приймаємо подачу рівною 0,20 мм/об.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v \text{ [м/хв.]}, \quad (2.22)$$

де T – стійкість інструменту, 15 хв.;

C_v, x_v, y_v, m, q_v – коефіцієнти і показники степені в формулі для розрахунку швидкості різання.

Згідно з [15-17] вони рівні: $C_v = 9,8$; $y = 0,5$; $m = 0,2$; $q = 0,4$.

K_v – загальний поправковий коефіцієнт, який є добутком цілого ряду коефіцієнтів, які враховують реальні умови механічної обробки:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv}, \quad (2.23)$$

Всі складові відображають вплив певного фактора на швидкість різання:

K_{Mv} – якість оброблюваної поверхні, 1,36;

K_{uv} – матеріал ріжучої частини, 1,0 (P6M5);

K_{lv} – глибину отвору, що свердлиться, 0,6.

Отже, загальний поправковий коефіцієнт

$$K = 1,36 \cdot 1,0 \cdot 0,6 = 0,816.$$

Швидкість різання

$$V = \frac{9,8 \cdot 13^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,2^{0,5}} \cdot 0,816 = 26,27 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 26,27}{3,14 \cdot 13} = 654 \text{ (об/хв.)}$$

Приймаємо $n = 650$ об/хв.

Розраховуємо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 13 \cdot 650}{1000} = 26,5 \text{ (м/хв.)}$$

Крутний момент при свердлінні розраховується за формулою:

$$M = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н·м]}, \quad (2.24)$$

де C_M , q , y – коефіцієнти і показники степені для розрахунку крутного моменту при свердлінні; $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$.

Коефіцієнт K_p рівний коефіцієнтові K_{mp} і рівний одиниці. З урахуванням цього крутний момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 13^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,0 = 13,02 \text{ (Н·м)}.$$

Осьова сила при свердлінні визначається за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \text{ [Н]}, \quad (2.25)$$

де C_p , q , y – коефіцієнти і показники степені для розрахунку осьової сили при свердлінні; $C_p = 68$; $q = 1$; $y = 0,7$.

З урахуванням цього осьова сила

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 13^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,0 = 2746,74 \text{ (Н)}.$$

Потужність різання визначається за формулою:

$$N_e = M_{кр} \cdot n / 9750 \text{ [кВт]}, \quad (2.26)$$

$$N = 13,02 \cdot 650 / 9750 = 0,87 \text{ (кВт)}.$$

Висновок. Потужність різання складає $N_{max} = 0,87$ кВт, а потужність попередньо вибраного верстата 1П420ПФ40 – $N = 22$ кВт. Оскільки потужність різання менша, ніж вибраного попередньо верстата $N_{max} = 0,87 \text{ кВт} < N = 22 \text{ кВт}$, то верстат може бути використаний для обробки.

В таблиці 2.15 наведені результати визначення (за нормативами) [15-17] режимів різання на обробку конструкторських баз і кріпильних отворів для розробленого маршруту механічної обробки даної деталі.

Таблиця 2.15 – Режими різання

Операції, переходи	Розміри поверхні b, ℓ , мм	Глибина різання t , мм	Подача S , мм/об	Швидкість різання V , м/хв.	Частота обертання n , об/хв.
1	2	3	4	5	6
<u>Операція 005</u>					
2. Точити поверхню 1	$\varnothing 120; 15$	2,75	0,8	196	520
однократно, поверхні 2, 3	$\varnothing 120; 10$	0,9	0,8	196	520
попередньо.	$\varnothing 175; 25,5$	3,6	0,8	285	520
3. Точити поверхні 2, 3	$\varnothing 120; 10$	0,15	0,15	301	800
попередньо.	$\varnothing 175; 25,5$	1,75		440	
4. Розточити канавку 4	$\varnothing 119,5;$	0,25	0,4	188	500
однократно.	4				
5. Точити фаску 5 однократно,	$\varnothing 116; 2$	2,0	0,1	437	1200
поверхні 2, 3 остаточно.	$\varnothing 120; 10$	0,07	0,1	452	1200
	$\varnothing 175; 25,5$	0,85	0,1	660	1200
6. Розточити отвір 6	$\varnothing 32; 12$	1,6	0,15	78	800
однократно.					
7. Розточити конус 7	$\varnothing 43,55;$	4,0	0,4	68	500
попередньо.	10				
8. Розточити конус 7	$\varnothing 43,55;$	1,5	0,15	109	800
попередньо.	10				
9. Розточити конус 7	$\varnothing 43,55;$	0,27	0,1	164	1200
остаточно.	10				
10. Розточити отвір 8	$\varnothing 90; 14$	1,5	0,4	141	500
попередньо з підрізанням	$\varnothing 90;$	0,9	0,4	141	500
торця 9 однократно.	23,225				
11. Розточити отвір 8	$\varnothing 90; 14$	0,4	0,15	226	800
остаточно.					
<u>Операція 010</u>					
2. Точити поверхні 1, 2	$\varnothing 175; 71,5$	3,15	0,4	285	520
однократно.	$\varnothing 175; 26$	1,4	0,4	285	520
3. Розточити фаску 3	$\varnothing 35; 1,5$	1,5	0,15	55	500
однократно.					
4. Розсвердлити чотири	$\varnothing 13; 9$	0,9	0,2	26,5	650
отвори 4.					
5. Цекувати чотири отвори 5.	$\varnothing 20; 17$	3,5	0,2	41	650

2.3.7 Визначення технічних норм часу на операції

Технічні норми часу в умовах масового та серійного виробництва встановлюється розрахунково-аналітичним методом.

В серійному виробництві визначається норма штучно-калькуляційного

часу $T_{\text{шт-к}}$ [1, 17]:

$$T_{\text{шт-к}} = \frac{T_{\text{п-з}}}{n} + T_o + T_d + T_{\text{обс, відп}} \quad [\text{хв.}], \quad (2.27)$$

де $T_{\text{п-з}}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

n – кількість деталей в партії настройки, шт.;

T_o – основний час, хв.;

T_d – допоміжний час, хв.;

$T_{\text{обс, відп}}$ – час обслуговування та відпочинку, хв.

Основний час визначається на основі прийнятих режимів різання.

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n} \quad [\text{хв.}], \quad (2.28)$$

де L – довжина робочого ходу супорта;

i – число перебігу;

S – подача;

n – частота обертання.

Проведемо детальний розрахунок основного часу для операції 010 токарно-револьверної з ЧПК.

Модель верстата: токарно-револьверний з ЧПК 1П420ПФ40.

Пристосування: патрон.

Маса заготовки 5,42 кг (деталі 4,7 кг).

Основний час на виконання переходів.

Перехід 2. Точити поверхні 1, 2 однократно

$$T_{o2} = \frac{(72,9 + 3 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 520} + \frac{(26 + 3 + 3) \cdot 1}{0,4 \cdot 520} = 0,38 + 0,15 = 0,53 \quad (\text{хв.})$$

Перехід 3. Розточити фаску 3 однократно

$$T_{o3} = \frac{1,5 \cdot 1}{0,15 \cdot 500} = 0,02 \text{ (хв.)}$$

Перехід 4. Розсвердлити чотири отвори 4

$$T_{o4} = 4 \cdot \frac{(26 + 5 + 5) \cdot 1}{0,2 \cdot 650} = 1,1 \text{ (хв.)}$$

Перехід 5. Цекувати чотири отвори 5

$$T_{o5} = 4 \cdot \frac{(17 + 2) \cdot 1}{0,2 \cdot 650} = 0,58 \text{ (хв.)}$$

Основний час

$$\Sigma T_{o_{010}} = 0,38 + 0,15 + 0,02 + 1,1 + 0,58 = 2,23 \text{ (хв.)}$$

Допоміжний час

$$T_D = t_{\substack{\text{уст. , замк.} \\ \text{дет.}}} + t_{\substack{\text{вкл. , викл.} \\ \text{верст.}}} + t_{\substack{\text{упр.} \\ \text{верст.}}} + t_{\substack{\text{відв. , відв.} \\ \text{інстр.}}} + t_{\text{котир.}} \text{ [хв.],} \quad (2.29)$$

де $t_{\substack{\text{уст. , замк.} \\ \text{дет.}}}$ – час установлення, закріплення, розкріплення, зняття деталі,

$$t_{\substack{\text{уст. , замк.} \\ \text{дет.}}} = 0,12 \text{ хв.};$$

$t_{\substack{\text{вкл. , викл.} \\ \text{верст.}}}$ – час включення, виключення верстата (кнопкою);

$$t_{\substack{\text{вкл. , викл.} \\ \text{верст.}}} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ (хв.)};$$

$t_{\substack{\text{упр.} \\ \text{верст.}}}$ – поворот револьверної головки в наступну позицію;

$$t_{\substack{\text{упр.} \\ \text{верст.}}} = 4 \cdot 0,015 = 0,06 \text{ (хв.)};$$

$t_{\text{підв.,відв.інстр.}}$ – час підведення, відведення інструменту;

$$t_{\text{підв.,відв.інстр.}} = 6 \cdot 0,025 + 4 \cdot 0,01 = 0,19 \text{ (хв.)};$$

$t_{\text{контр.}}$ – час контролю (контролюється кожна 5 деталей);

$$t_{\text{контр.}} = 8 \cdot 0,06 + 0,28 = 0,76 \text{ (хв.)}; \text{ (контроль отворів, } \varnothing 175, \text{ довжини } \varnothing 175).$$

Тоді

$$T_{\text{д}} = 0,12 + 0,2 + 0,06 + 0,19 + 0,76/5 = 0,72 \text{ (хв.)}$$

Оперативний час

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} \text{ [хв.]}, \quad (2.30)$$

$$T_{\text{оп}} = 2,23 + 0,72 = 2,95 \text{ (хв.)}$$

Час обслуговування та відпочинку $T_{\text{обс.,відп.}}$ складає 7% від $T_{\text{оп}}$

$$T_{\text{обс.,відп.}} = 0,07 \cdot T_{\text{оп}} = 0,07 \cdot 2,95 = 0,2 \text{ (хв.)}$$

Підготовчо-заключний час

$$T_{\text{п-г}} = T_{\text{п-г1}} + T_{\text{п-г2}} = 16 + 10 = 26 \text{ (хв.)},$$

де $T_{\text{п-г1}} = 16$ хв. – підготовчо-заключний час на налагодження інструменту, пристосування;

$T_{\text{п-г2}} = 10$ хв. – підготовчо-заключний час на одержання інструменту, документації, пристосування.

Таким чином

$$T_{\text{шт} - \kappa} = 26/250 + 2,23 + 0,72 + 0,2 = 3,25 \text{ (хв.)}$$

Аналогічно виконуються розрахунки по решті операцій. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Технічні норми часу по операціях, хв.

№ і назва операції	Основний час T_o , хв.	Коефіцієнт φ_{κ}	Штучно- калькуляційний час $T_{\text{шт} - \kappa}$, хв.
005 Токарно- револьверна з ЧПК	3,51	1,17	4,11
010 Токарно- револьверна з ЧПК	2,23	1,46 (фактичний) 1,17 (табличний)	3,25

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ДІЛЬНИЦІ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ ТИПУ «КРИШКА 90-32.T10»

3.1 Розрахунок приведеної програми

Приведена програма може бути розрахована за залежністю [2, 18]:

$$N_{пр} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{пр} \text{ [шт.]}, \quad (3.1)$$

Для визначення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 скористаємося даними табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані для розрахунку приведеної програми

Назва деталі	Маса, кг	Про- грама, шт.	Квалітет / Шорсткість									
			6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Кришка 90- 32.T10 (розрах. представник)	4,7	20000	-	-	1	-	1	-	4	-	18	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	-	3	-	1	12	8	-	-	
			-	-	3	-	1	12	8	-	-	
Кришка верхня	9,4	2000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			-	3	2	-	1	-	6	-	32	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			-	4	2	-	1	2	35	-	-	
Кришка нижня	2,4	100000	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			3	2	-	1	-	2	1	-	22	
			0,8	1,25	1,6	2,5	3,2	6,3	12,5	-	-	
			3	2	-	1	3	2	20	-	-	

Розрахуємо коефіцієнт K_1 для кожного з найменувань виробів. Оскільки в групу об'єднані подібні деталі, то K_1 може бути розрахований за формулою:

$$K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{m_i}{m_{p.пр}}\right)^2}, \quad (3.2)$$

де m_i – маса деталі розглядуваного виробу; $m_{p.p.}$ – маса розрахункового представника.

Таким чином коефіцієнт K_1 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{- для деталі «Кришка верхня»: } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{9,4}{4,7}\right)^2} = 1,58 ;$$

$$\text{- для деталі «Кришка нижня»: } K_1 = \sqrt[3]{\left(\frac{2,4}{4,7}\right)^2} = 0,82 .$$

Для визначення коефіцієнта K_2 скористаємося залежністю:

$$K_2 = \left(\frac{N_{p.p.}}{N_i} \right)^{\alpha}, \quad (3.3)$$

Таким чином коефіцієнт K_2 складатиме (для деталей, що приводяться до розрахункового представника):

$$\text{- для деталі «Кришка верхня»: } K_2 = \left(\frac{20000}{2000} \right)^{0,15} = 1,41 ;$$

$$\text{- для деталі «Кришка нижня»: } K_2 = \left(\frac{20000}{100000} \right)^{0,15} = 0,785 .$$

K_3 – коефіцієнт, що враховує точність, шорсткість, складність конструкції деталі та конструктивні показники. Для технологічно подібних деталей визначається за формулами

$$K_3 = K_{31} \cdot K_{32}, \quad (3.4)$$

де K_{31} – коефіцієнт, що враховує різницю в точності оброблюваних деталей;

K_{32} – коефіцієнт, що враховує різницю в шорсткості оброблюваних деталей.

$$K_{32} = \left(\frac{\overline{R_{ai}}}{\overline{R_{a.pn}}} \right)^{\alpha_2} \quad (3.5)$$

$$K_{31} = \left(\frac{\overline{K_{Ti}}}{\overline{K_{T.pn}}} \right)^{\alpha_1}, \quad (3.6)$$

де K_{Ti} і $K_{T.pn}$ – середні значення квалітету точності деталі, що приводиться і деталі-представника;

R_{ai} і $R_{a.pn}$ – середні значення параметра Ra шорсткості поверхні деталі, що приводиться і деталі-представника.

Середній квалітет точності $K_{T.pn} = 13,25$.

Середня шорсткість $R_{a.pn} = 7,65$ мкм.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{31} для кожної деталі:

- для деталі «Кришка верхня»:

$$\overline{K_{T.pn}^B} = \frac{\sum K_{B_i} \cdot n_{K_{B_i}}}{\sum n_{K_{B_i}}} = \frac{7 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 10 \cdot 1 + 12 \cdot 6 + 14 \cdot 32}{3 + 2 + 1 + 6 + 32} = 12,9;$$

$$K_{3.1} = \left(\frac{\overline{K_{T_i}^B}}{\overline{K_{T.pn}^B}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(12,9)^{\alpha_1}}{(13,25)^{\alpha_1}} = \frac{0,81}{0,79} = 1,025;$$

- для деталі «Кришка нижня»:

$$\overline{K_{T.pn}^B} = \frac{\sum K_{B_i} \cdot n_{K_{B_i}}}{\sum n_{K_{B_i}}} = \frac{6 \cdot 3 + 7 \cdot 2 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 2 + 12 \cdot 1 + 14 \cdot 22}{3 + 2 + 1 + 2 + 1 + 22} = 11,2;$$

$$K_{3,1} = \left(\frac{\overline{K_{\gamma}^{B2}}}{K_{Tp, np}} \right)^{\alpha_1} = \frac{(11,2)^{\alpha_1}}{(13,25)^{\alpha_1}} = \frac{0,91}{0,79} = 1,15 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_{32} для кожної деталі:

- для деталі «Кришка верхня»:

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{пов}}{\sum n_{пов}} = \frac{1,25 \cdot 4 + 1,6 \cdot 4 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 35}{4 + 4 + 1 + 2 + 35} = 10,1 ;$$

$$K_{32}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a, пов}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(10,1)^{\alpha_2}}{(7,65)^{\alpha_2}} = \frac{0,95}{0,98} = 0,97 ;$$

- для деталі «Кришка нижня»:

$$\overline{R_a^{B1}} = \frac{\sum R_a \cdot n_{пов}}{\sum n_{пов}} = \frac{0,8 \cdot 3 + 1,25 \cdot 2 + 2,5 \cdot 1 + 3,2 \cdot 3 + 6,3 \cdot 2 + 12,5 \cdot 20}{3 + 2 + 1 + 3 + 2 + 20} = 9,02 ;$$

$$K_{32}^{B1} = \left(\frac{\overline{R_a^{B1}}}{R_{a, пов}} \right)^{\alpha_2} = \frac{(9)^{\alpha_2}}{(7,65)^{\alpha_2}} = \frac{0,955}{0,98} = 0,974 .$$

Знайдемо значення коефіцієнта K_3 для кожної деталі:

- для деталі «Кришка верхня»: $K_3 = 1,025 \cdot 0,97 = 0,994$;

- для деталі «Кришка нижня»: $K_3 = 1,15 \cdot 0,974 = 1,12$.

Знайдемо значення коефіцієнта K_{np} для кожного виробу

- для деталі «Кришка верхня»: $K_{np} = 1,58 \cdot 1,41 \cdot 0,994 = 2,215$;

- для деталі «Кришка нижня»: $K_{np} = 0,82 \cdot 0,785 \cdot 1,12 = 0,72$.

На основі приведених вище розрахунків приведена програма становитиме:

$$N_{np} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_{npi} = 20000 \cdot 1,0 + 2000 \cdot 2,25 + 100000 \cdot 0,72 = 96525 \quad (\text{шт.})$$

Таблиця 3.2 – Розрахунок приведеної програми

Найменування виробу	Річний випуск, шт.	Маса одного виробу, кг	Коефіцієнт приведення				Приведена програма
			по масі	по серійності	по складності	загальний	на річний випуск
Кришка 90-32.T10	20000	4,7	1,0	1,0	1,0	1,0	20000
Кришка верхня	2000	9,4	1,58	1,41	0,994	2,215	4430
Кришка нижня	100000	2,4	0,82	0,785	1,12	0,72	72000
Всього							96525

Приймаємо $N_{np} = 96525$ шт.

Отже, при подальших розрахунках кількості обладнання, працівників та інших складових дільниці буде використовуватися приведена програма, тобто проектується дільниця, на якій вироблятиметься крім деталі представника ще 2 подібні деталі.

3.2 Визначення кількості верстатів і коефіцієнтів завантаження

Розрахункова кількість верстатів для кожної операції визначається за формулою [2, 18]:

$$C_p = \frac{T_{\text{шт}} \cdot N}{60 \cdot \Phi_{\text{д}}}, \quad (3.7)$$

де $T_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час, хв.; N – програми випуску, шт.; $\Phi_{\text{д}}$ – дійсний фонд часу роботи верстата, год.

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням річної програми деталі):

$$\text{- операція 005:} \quad C_{p005} = \frac{4,11 \cdot 20000}{60 \cdot 3890} = 0,35 ;$$

$$\text{- операція 010:} \quad C_{p010} = \frac{3,25 \cdot 20000}{60 \cdot 3890} = 0,28 .$$

Кількість верстатів необхідних для обробки розглядуваної деталі (з урахуванням приведеної програми):

$$\text{- операція 005:} \quad C_{p005} = \frac{4,11 \cdot 96525}{60 \cdot 3890} = 1,7 ; \text{ прийнято } C_{p005} = 2;$$

$$\text{- операція 010:} \quad C_{p010} = \frac{3,25 \cdot 96525}{60 \cdot 3890} = 1,34 ; \text{ прийнято } C_{p010} = 2.$$

Визначаємо коефіцієнт завантаження верстатів за формулою

$$\eta_z = \frac{C_p}{C_{np}}, \quad (3.8)$$

де C_p – розрахункова кількість верстатів; C_{np} – прийнята кількість верстатів.

$$\text{Операція 005:} \quad \eta_{z005} = \frac{1,7}{2} = 0,85 .$$

$$\text{Операція 010:} \quad \eta_{z010} = \frac{1,34}{2} = 0,68 .$$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Коефіцієнт завантаження верстатів

№ операції	η_z
005	0,85
010	0,68

Середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\text{зср}} = \frac{0,85 + 0,68}{2} = 0,76 .$$

Визначаємо коефіцієнт використання за основним часом за формулою

$$\eta_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{осн}}}{T_{\text{осн}} - K} . \quad (3.9)$$

Операція 005: $\eta_{\text{осн } 005} = \frac{3,51}{4,11} = 0,85 .$

Операція 010: $\eta_{\text{осн } 010} = \frac{2,23}{3,25} = 0,69 .$

Приведені розрахунки зводимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт використання за основним часом

№ операції	$\eta_{\text{осн}}$
005	0,85
010	0,69

Середній коефіцієнт завантаження обладнання за основним часом:

$$\eta_{\text{оснзср}} = \frac{0,85 + 0,69}{2} = 0,77 .$$

Таблиця 3.5 – Розрахунок кількості обладнання

$N_{оп}$	Назва операції	Розрахункова кількість верстатів	Прийнята кількість верстатів, шт.	Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт завантаження за основним часом	Середній коефіцієнт використання за основним часом
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1,7	2	0,85	0,76	0,85	0,77
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1,34	2	0,68		0,69	

3.3 Побудова графіків завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання показаний на рис. 3.1.

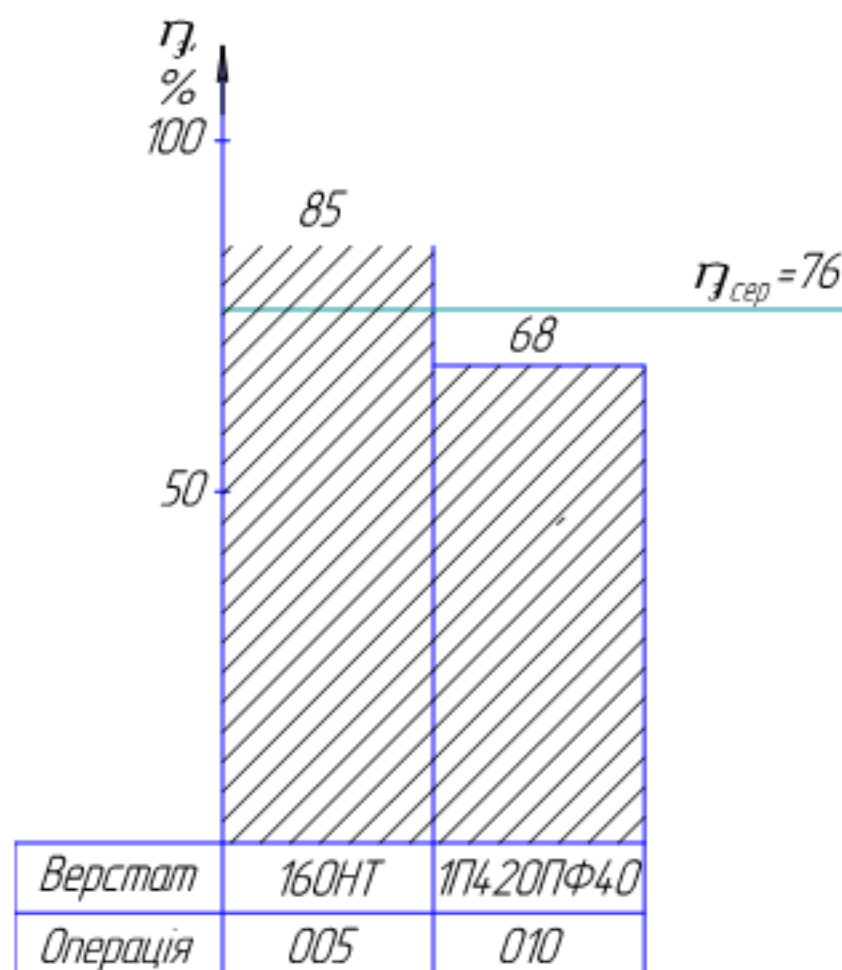


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

Графік використання обладнання за основним часом зображений на рис. 3.2.

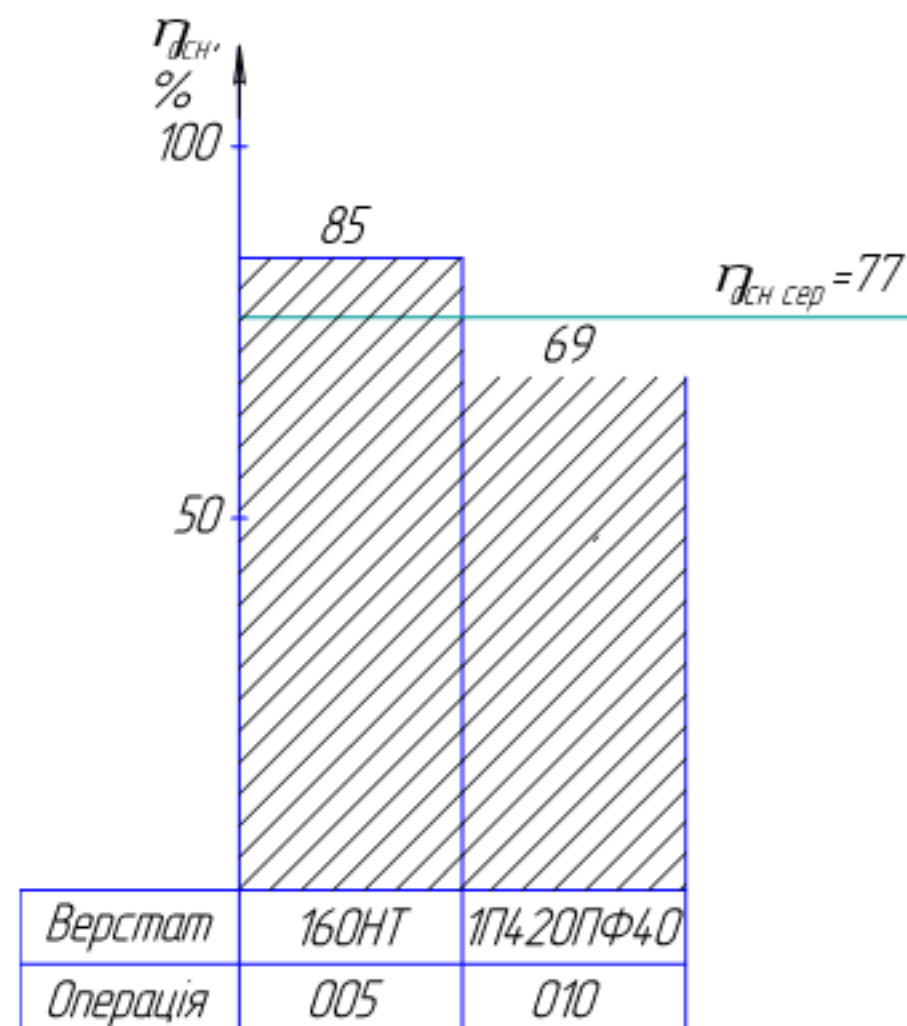


Рисунок 3.2 – Графік використання обладнання за основним часом

Висновок. Завантаження верстатів є досить високим при заданій приведеній програмі випуску виробів. Середній коефіцієнт використання обладнання за основним часом є досить високим. Це свідчить про доцільність використання запропонованого варіанту технологічного процесу, обладнання.

3.4 Розрахунок кількості працюючих на дільниці

Кількість робітників-верстатників дільниці механічного цеху може бути підрахована в залежності від прийнятої кількості верстатів за формулою [2, 18]:

$$P_i = \frac{\Phi_d \cdot C_{np} \cdot \eta_z \cdot \eta_{осн}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (3.10)$$

де C_{np} – прийнята кількість верстатів, шт.;

Φ_p – ефективний річний фонд роботи верстатника, $\Phi_p = 1860$ год.

(тривалість робочої неділі – 41 год., основної відпустки – 18 днів);

$\Phi_{\text{в}}$ – ефективний фонд роботи верстата, год.;

$K_{\text{м}}$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування, $K_{\text{м}} = 1,0 \dots 2,2$;

$\eta_{\text{з}}$ – коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{\text{осн}}$ – коефіцієнт використання обладнання по основному часу.

Так кількість верстатників на операції 005 складає:

$$P_{005} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,85 \cdot 0,85}{1860 \cdot 1} = 3,0 .$$

Приймаємо 3 токаря.

Кількість верстатників на операції 010 складає:

$$P_{010} = \frac{2 \cdot 3890 \cdot 0,68 \cdot 0,69}{1860 \cdot 1} = 1,96 .$$

Приймаємо 2 токаря.

Результати розрахунків записуємо до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Кількість робітників-верстатників

№ оп.	Назва операції	Прийнята кількість верстатів, $C_{\text{вр}}$	$\Phi_{\text{в}}$, год.	$\eta_{\text{з}}$	$\eta_{\text{осн}}$	$K_{\text{м}}$	P_i , чол.	$P_{\text{вр}}$, чол.
005	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,85	0,85	1	3,0	3
010	Токарно-револьверна з ЧПК	1	3890	0,68	0,69	1	1,96	2

На операції 005 один робітник буде працювати лише в одну зміну.

Згідно таблиці 3.6 сума всіх основних робочих – 5 чол.

Кількість допоміжних робітників складає 20-25% від кількості

верстатників, відповідно:

$$P_{\text{ДР}} = (0,2 \dots 0,25) \cdot 5 = 1,0 \dots 1,25.$$

Приймаємо 1 допоміжного робітника.

Кількість ІТР:

$$P_{\text{ІТР}} = (0,15 \dots 0,21) \cdot 4 = 0,6 \dots 0,84.$$

Приймаємо 1 чол. ІТР. Він має бути довантажений роботою інших дільниць.

Кількість службовців:

$$P_{\text{СКП}} = (0,06 \dots 0,016) \cdot 5 = 0,03 \dots 0,08.$$

Приймаємо 1 чол., але очевидно це буде працівник механічного цеху, який буде працювати на декількох дільницях механічної обробки.

Кількість молодшого обслуговуючого персоналу:

$$P_{\text{МОП}} = 0,02 \cdot (5+1+1+1) = 0,16.$$

Приймаємо 1 чол. молодшого обслуговуючого персоналу, оскільки він є не завантаженим, то він буде працювати і на інших дільницях механічної обробки.

Отримані дані занесемо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Відомість складу працюючих дільниці

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Розрахункова кількість	Прийнята кількість
Основні робітники-верстатники	розрахунок	4,96	5
Допоміжні робітники	20...25%	1,0...1,25	1
ІТР	15...21%	0,6...0,84	1
СКП	0,6...1,6%	0,03...0,08	1
МОП	2%	0,16	1

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на дільниці, де встановлене обладнання для механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.Т10». Дільниця знаходиться в одноповерховому виробничому приміщенні.

При механічній обробці металів на металорізальних верстатах виникає ряд фізичних, хімічних, психофізіологічних і біологічних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі частини виробничого устаткування, що пересуваються, вироби і заготовки;

- стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваних деталей і інструмента; підвищена напруга в електромережі, при якій може відбутися замикання через тіло людини – фізичні небезпечні чинники. Так, при опрацюванні крихких матеріалів (чавуну, латуні, бронзи та ін.) на високих швидкостях різання, стружка від верстата розлітається на відстань (3-5 м). Металева стружка, особливо в'язких металів (сталей), що має високу температуру (400-600 °С) і велику кінетичну енергію, має серйозну небезпеку не тільки для працюючого, але і для осіб, що знаходяться поблизу верстата. Найбільш поширеними у верстатників є травми очей.

Фізичними шкідливими виробничими факторами, характерними для процесу різання, є підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; високий рівень шуму і вібрації; недостатня освітленість робочої зони; наявність прямого і відбитого блиску; підвищена пульсація світлового потоку. При відсутності засобів захисту запиленість повітряного середовища в зоні дихання при фрезеруванні крихких матеріалів може перевищувати гранично допустимі концентрації. При фрезеруванні латуні і бронзи кількість пилу в повітрі приміщення досить невелика (14,5 - 20 мг/м³). Проте деякі сплави (латунь ЛЦ40С і бронза Бр ОЦС) містять свинець, тому токсичність пилу, що утворюється при їхньому фрезеруванні може перевищувати ГДК.

При роботі тупим ріжучим інструментом відбувається інтенсивне

нагрівання внаслідок чого з мастильно-охолоджувальної речовини виділяються шкідливі гази, що є хімічним шкідливим виробничим фактором. Аерозоль нафтових олив, що входять до складу мастильно-охолоджувальних рідин (ЗОР), може викликати подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, сприяти зниженню імунобіологічної реактивності.

До психофізіологічних шкідливих виробничих факторів процесів обробки матеріалів різанням можна віднести фізичні перевантаження при установці, закріпленні і зніманні деталей, перенапруження зору, монотонність праці.

До біологічних чинників відносяться хвороботворні мікроорганізми і бактерії, що виділяються при роботі з ЗОР.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Велике значення має раціональне технологічне й організаційне оснащення робочих місць, що передбачає забезпечення їх основним технологічним устаткуванням, технологічним і організаційним оснащенням (інструментом, пристроями, допоміжними матеріалами, запасними частинами та устаткуванням для їх зберігання і розміщення, а також засобами сигналізації, освітлювальною апаратурою, робочими меблями, тарою тощо).

Оснащення робочих місць масових професій може здійснюватися за типовими проектами, в яких ураховані необхідні рекомендації щодо оснащення і планування робочих місць даного виду. Використання типових проектів сприяє впровадженню досягнень науки і передового досвіду в процесі організації робочих місць, знижує трудомісткість роботи, дозволяє підвищити рівень організації трудових процесів.

Робочі місця класифікують за такими параметрами, як професія та кількість виконавців, ступінь спеціалізації, рівень механізації, кількість устаткування, характер розміщення в просторі.

Залежно від кількості виконавців розрізняють індивідуальні та колективні

робочі місця. Індивідуальне робоче місце призначене для роботи одного працівника протягом зміни. Колективне робоче місце призначене для здійснення процесу праці одночасно кількома робітниками (бригадою).

Залежно від кількості устаткування розрізняють одноверстатні та багатOVERстатні робочі місця. Останні характеризуються тим, що робітник у певній послідовності здійснює виробничий процес на кількох одиницях технологічного устаткування.

За ступенем спеціалізації розрізняють універсальні та спеціалізовані робочі місця, а за ступенем механізації – робочі місця з ручними, машинно-ручними, машинними, автоматизованими й апаратурними трудовими процесами.

Робочі місця за характером розміщення в просторі бувають стаціонарними (робоче місце токаря, коваля, вагранника) і рухомі (робоче місце водія, машиніста крана).

Велике значення в організації праці має обслуговування робочих місць, тобто забезпечення їх протягом робочої зміни сировиною, матеріалами, заготівками, транспортними засобами, послугами ремонтного характеру тощо.

4.1.2 Електробезпека

В металообробних цехах існує небезпека ураження електричним струмом, оскільки там експлуатується обладнання, з використанням електричного струму високої напруги. В даному приміщенні наявні такі небезпечні фактори: наявність струмопровідних основ кабелів та елементів; можливість одночасного дотику людини до металоконструкції які мають з'єднання з землею будівель, технологічних апаратів, допоміжних механізмів з одного боку і до металічних корпусів електрообладнання з іншого.

Електрообладнання живиться від трифазних чотири-провідних мереж з заземленою нейтраллю споживчого трансформатора напругою до 1000 В (380/220 В).

Виходячи з останнього дане приміщення можна класифікувати як особливо небезпечне приміщення. Тому для захисту обслуговуючого персоналу

вибираємо такі способи захисту, як занулення та захисне заземлення.

На випадок обриву нульовий провід повторно заземлюється через кожних 2 метри та перед вводом в будівлю.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

В проєктованому приміщенні виконуються роботи середньої важкості (категорія II б): енерговитрати від 200 до 250 ккал/год (232-293 Вт), робота виконується стоячи і пов'язана з ходьбою, перенесенням загострених інструментів, супроводжуються помірним фізичним навантаженням. Робота в положенні стоячи призводить до швидкої втоми.

Якщо за технологічними вимогами, технічними та економічними причинами оптимальні норми не забезпечуються, то встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Оптимальні і допустимі показники наведені в таблиці 4.1 відповідно до [19].

Таблиця 4.1 – Оптимальні і допустимі показники мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/хв	
		Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.	Оптим.	Доп.
Холодний	Пб	17-19	15-21	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	Пб	20-22	16-27	40-60	70-25°	0,3	0,2-0,5

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел не повинна перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні тіла до 25%. Це забезпечується тим, що працівникам видають спеціальний одяг, який захищає людину від теплового опромінення. Джерела інтенсивного теплового опромінення огорожуються захисними огорожами. В приміщенні механічного

цеху повинна бути встановлена система опалення на холодний період року, а саме: водяне опалення [20].

4.2.2 Виробниче освітлення

Виробничі приміщення промислових підприємств по задачах зорових робіт відносяться до першої групи приміщень, в яких відбувається розпізнавані об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих і робочу поверхню [21].

Характеристика зорових робіт – дуже високої точності (розміри об'єкт розпізнавання 0,15-0,3 мм);

- розряд зорових робіт – II;
- підрозряд зорових робіт – в;
- контраст об'єкта розпізнавання з фоном – середній;
- фон – середній.

Таблиця 4.2 – Освітлення згідно [21]

Розряд та під розряд зорової роботи	Комбіноване освітлення, лк	Загальне освітлення, лк	КПО, E_{H^3} , %
III	2000	500	2

Освітлення робочої поверхні, що здійснюється світильниками загального освітлення в системі комбінованого повинно складати 10% від тієї, що нормується для комбінованого освітлення за тих джерел світла, що використовуються для місцевого освітлення (лампи розжарювання).

При цьому найменші і найбільші значення освітленості від світла загального освітлення в системі комбінованого приймаємо для люмінесцентних ламп:

- найбільша 500 лм;
- найменша 150 лм.

Для загального освітлення в системі комбінованого слід передбачити

газорозрядні лампи, незалежно від типу джерела світла місцевого освітлення.

Для загального освітлення слід приймати мінімальну нерівномірність освітленості в зоні розташування робочих місць, при цьому відношення максимальної освітленості до мінімальної не повинна перевищувати для робіт II розряду при люмінесцентних лампах – 1,5.

Освітлення проходів і дільниць, де роботи не виконуються має складати – 25% освітлення, що створюється світильниками загального освітлення на робочому місці, але не менше 75 лк.

Показник засліпленості для світильників загального освітлення в приміщеннях не повинен перевищувати – 20.

Аварійне освітлення передбачається якщо відключення робочого освітлення може викликати:

- порушення норм обслуговування обладнання;
- тривале порушення технологічного процесу;
- порушення роботи установок вентиляції і кондиціонування повітря для виробничих приміщень.

4.2.3 Виробничий шум

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях в виробничих приміщеннях і на територіях підприємств представлені в таблиці 4.3 згідно [22].

Таблиця 4.3 – Нормування значень рівнів шуму

Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц.									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	2500	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються:

- звукопоглинальні обшивки на редукторах приводів - корпус коробки швидкостей;

- звукоізоляція каналів витяжної вентиляції багатошаровими перегородками,
- звукоізолюючі кожухи на клинопасових передачах. Коли ці засоби виявляються не ефективними, потрібно використовувати засоби індивідуального захисту від шуму: шлеми, беруші.

4.2.4 Виробничі вібрації

Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження оператора для довговічності зміни вісім годин приведені в табл. 4.4 згідно [23].

Таблиця 4.4 – Категорії вібрації за санітарними нормами і критерії оцінки

Категорія вібрації і критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрації
3 тип «а» границя зниження продуктивності праці	Тех. вібрація, що впливає на операторів стаціонарних машин і обладнання	Верстати, вентилятори, електрообладнання

Таблиця 4.5 – Санітарні норми одночислових показників вібраційного навантаження на оператора для зміни в 8 год.

Вид вібрації	Категорія вібрації по сан. нормам	Напрямок дії	Нормативні і кореговані частоти і еквівалентні кореговані значення			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			мс	дБ	мс	дБ
локальна	-	Хл Yл Zл	2,0	126	2,0	112
загальна	3 тип „а”	Zз Yз Хз	0,1	100	0,2	90

Якщо вище наведенні норми не забезпечуються то застосовують методи колективного захисту, що знижують параметри вібрації у напрямку її поширення.

4.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

В приміщенні механічного цеху знаходяться горючі матеріали. В цеху обробляють метали різанням, при цьому можливі іскри, а також виділення теплоти в процесі різання. Виходячи з цього відносимо механічний цех до категорії Г відповідно до [24]: виробництво в якому використовують негорючі речовини і матеріали в гарячому стані.

За ступенем вогнестійкості будівля відноситься до 1 ступеня, тобто будівлі, що має несучі конструкції із природних або штучних кам'яних матеріалів, стіна бетонна і залізобетонна з використанням листових і плитних негорючих матеріалів. Границі вогнестійкості конструкцій об'єкта повинні бути такими, щоб конструкції зберігали несучі і огорожуючі функції на час евакуації людей або перебування їх у місцях колективного захисту.

В приміщенні висота від підлоги до низу виступаючих конструкцій повинна бути не менша 2,2 м, Висота від підлоги до низу виступаючих частин конструкцій і обладнання у місцях регулярного проходження людей і на шляхах евакуації – не менше 2 м.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщеннях споруд, через евакуаційні виходи. Кількість евакуаційних виходів з будівель слід приймати не менше двох.

Відстань від найбільш віддаленого робочого місця приміщення до евакуаційного виходу із будівлі для даного приміщення згідно СНІП 2.01.02-85 не обмежується. Ширина виходу із приміщення: через двері та через розсувні ворота – 2,5 м. Кількість людей на 1 метр складає близько 10 чоловік. Згідно [25] кількість до 120 чоловік. В механічному цеху знаходиться пожежний щит з вогнегасником, сокирою, лопатою, відром, біля щита ящик з піском.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська дипломна робота виконана з урахуванням сучасних напрямків розвитку технології машинобудівного виробництва з використанням прогресивного, автоматизованого обладнання, інструментів, комп'ютерних програм.

В роботі спроектовано технологічний процес механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10». При цьому згідно заданої програми випуску ($N = 20000$ шт.) розрахункового представника визначено тип виробництва – великосерійний, форма організації роботи – групова, виконано аналіз технологічності конструкції деталі, розглянуті можливі методи та способи виготовлення заготовки та вибрано оптимальний (лиття за виплавними моделями) на основі техніко-економічних розрахунків, вибрані методи обробки поверхонь деталі, чорнові та чистові бази для виконання операцій механічної обробки, проведено розмірний аналіз технологічного процесу, розраховані припуски (аналітичним способом) на обробку циліндричної поверхні $\varnothing 120h8_{(-0,054)}$, режими різання, норми часу.

Для визначення необхідної кількості верстатів для виконання механічної обробки та забезпечення їх нормального завантаження підібрані аналогічні (за технологією обробки) деталі та розраховано приведену програму, яка складає $N_{\text{пр}} = 96525$ шт. Встановлено кількість працюючих (основних робітників-верстатників – 5 чол., всіх працівників – 9 чол.), які забезпечать роботу верстатів на ділянці механічної обробки заготовки деталі типу «Кришка 90-32.T10».

Розроблені заходи з охорони праці на ділянці механічної обробки заданої деталі.

У графічній частині представлено робочі креслення деталі, заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі, схеми з таблицями, що пояснюють розмірний аналіз технологічного процесу та карта налагоджень на 010 операцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Пурдик В. П. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2013. 123 с.
2. Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Савуляк В. В., Сердюк О. В. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 148 с.
3. Іванов М. І., Дусанюк Ж. П., Дусанюк С. В. та ін. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування : навчальний посібник. Вінниця: Глобус-Прес, 2011. 200 с.
4. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. К. : Вища школа, 1993. 414 с.
5. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування. К. : ІСДО, 1996. 300 с.
6. Юрчишин І. І., Литвиняк Я. М., Грицай І. Є., Кукляк М. Л., Кусий Я. М., Ступницький В. В., Яцюк В. А., Кук А. М., Махоркін Є. М., Свізінський В. П. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : навчальний посібник / за ред. І. І. Юрчишина, Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.
7. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: Самостійна та індивідуальна робота студентів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 90 с.
8. Дусанюк Ж. П., Шиліна О. П., Репінський С. В., Дусанюк С. В. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2009. 199 с.
9. Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення : ДСТУ 8981–2020. [Чинний від 2021-05-01] К. : ДП «Укр НДЦН» 2021. 77 с.

10. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування і виробництво заготовок : підручник. К. : НТУУ «КПІ», 2014. 353 с.
11. Руденко П. О., Харламов Ю. О., Шустик О. Г. Вибір, проектування і виробництво заготовок деталей машин. К. : ІСДО, 1993. 304 с.
12. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів : Світоч, 1996. 348 с.
13. Дерібо О. В., Репінський С. В. Розмірно-точнісне моделювання конструкцій та технологічних процесів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2024. 105 с. Режим доступу : <https://iq.vntu.edu.ua/repository/card.php?lang=uk&id=8184>.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум. Вінниця: ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2019. 67 с.
16. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.
18. Джур Є. О., Бондаренко О. В. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Загальна частина: навч. посіб. Д. : «Інновація», 2011. 109 с.
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
20. ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

23. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL : https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

ДОДАТКИ

Додаток А (обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Технологічний процес механічної обробки заготовки
деталі типу «Кришка 90-32.Т10»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ кафедра ТАМ, ФМТ, гр. 1ПМ-21бз
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі
системою StrikePlagiarism 31,66 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту.
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Леонід КОЗЛОВ, завідувач кафедри ТАМ, гарант ОПП
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку (підпис) Дмитро ЛОЗІНСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

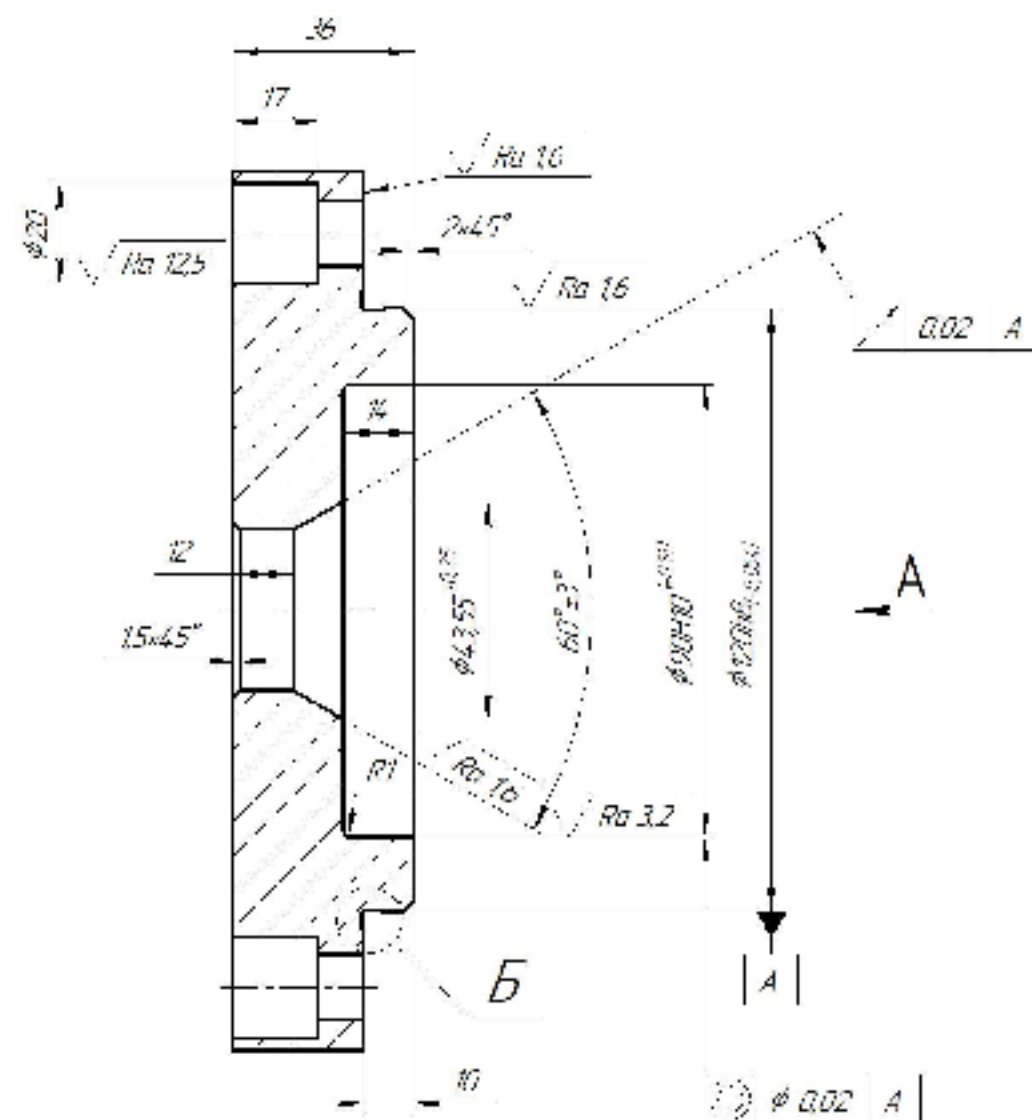
Керівник (підпис) Сергій РЕПІНСЬКИЙ, доцент кафедри ТАМ
(ім'я, прізвище, посада)

Здобувач (підпис) Олексій КАЧКІВСЬКИЙ
(ім'я, прізвище)

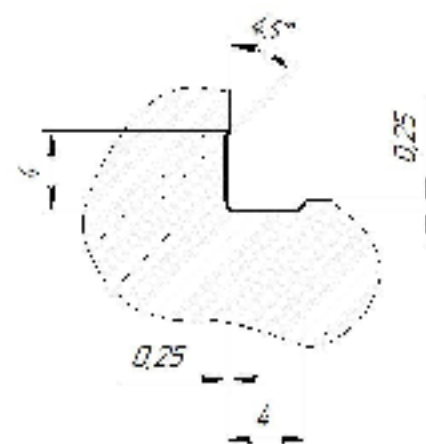
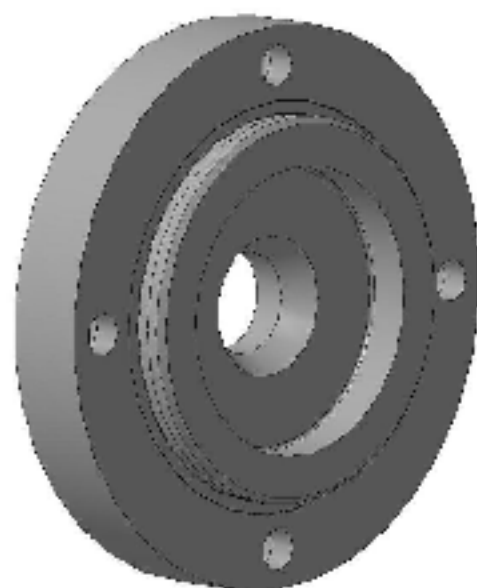
Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ
ТИПУ «КРИШКА 90-32.T10»

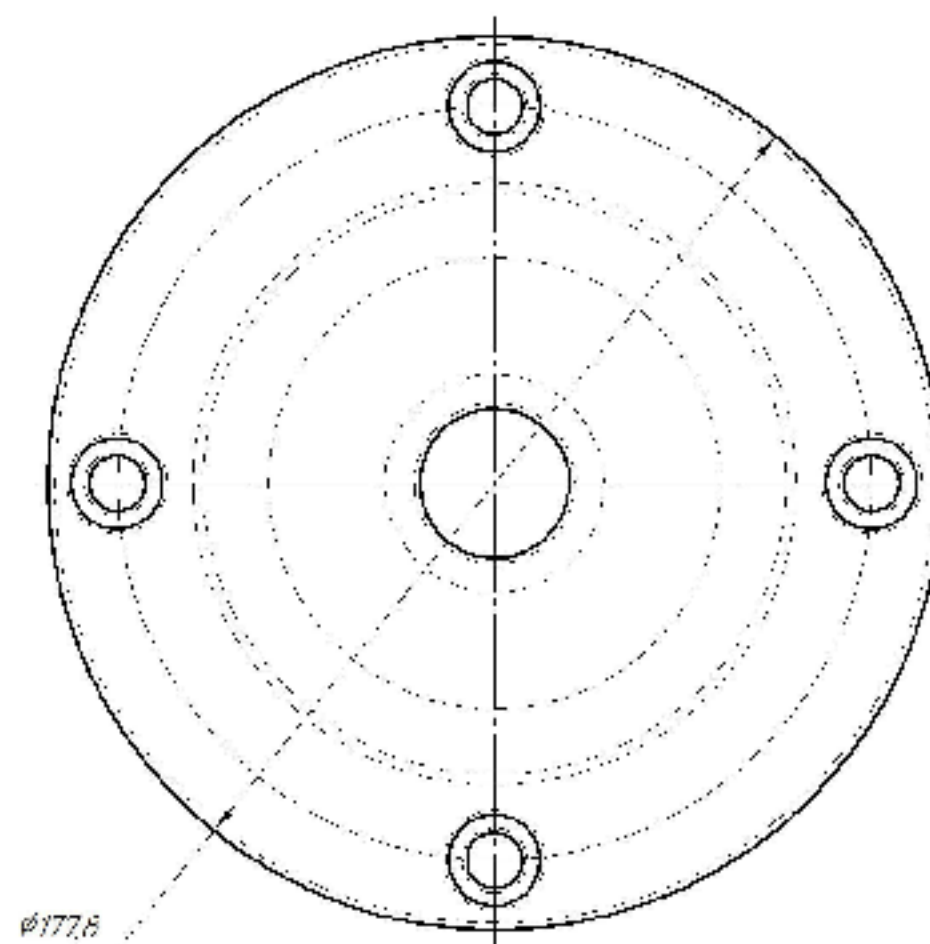
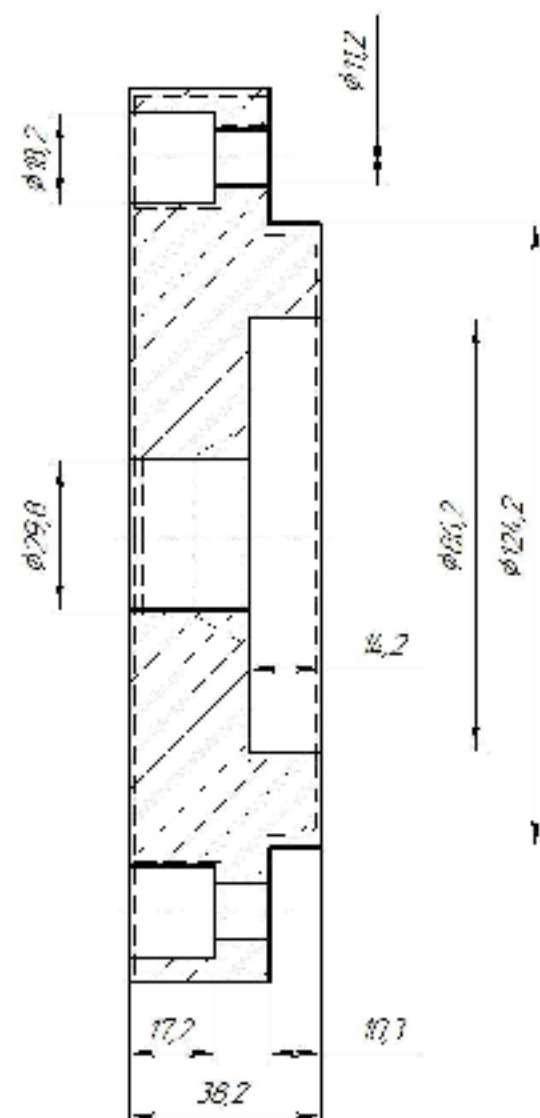


BO (4:1)

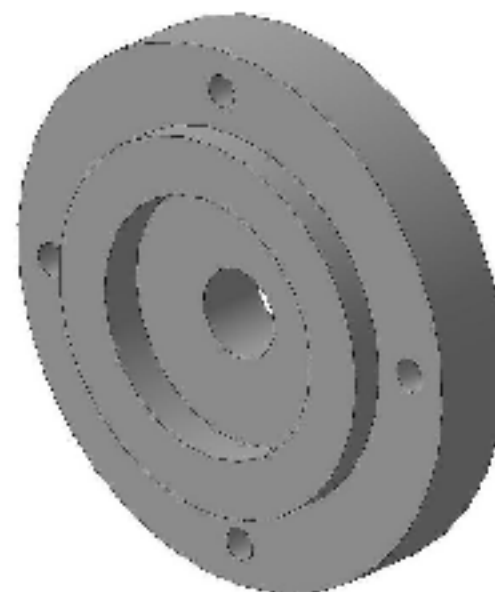


1. 42.67 HMLC
2. Голубі крапки пригнічення
3. Підвищення температури відкриття: 1174, 1174, 1174/2

					08-64.5KP.002.00.001			
						Лит.	Масса	Время
Рис. 1	2	3	4	5	Кришка 90-32.T10		4,1	11
Рис. 6	7	8	9	10				
Рис. 11	12	13	14	15		Лит.	Масса	Время
Рис. 16	17	18	19	20	Гвозди: 45л ГОСТ 1050 60	ВНУЛ см. зр. 171 2153		
Рис. 21	22	23	24	25	Корпус	Соедин.		



3D-модель вилка



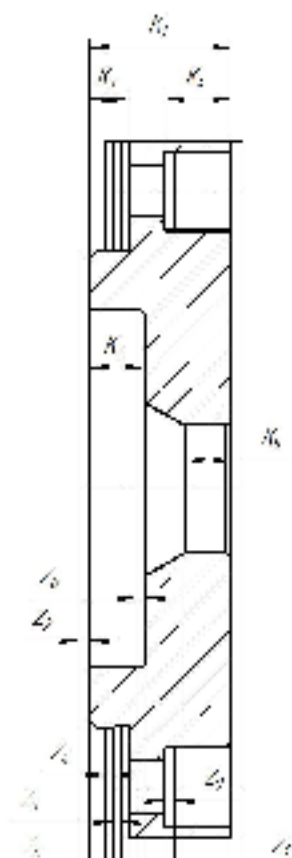
1. Типовая вилка 7-6-9-9.3м. ПТЧ 8981-2020
2. Масса 4,7 0,07 5,44 ДСТУ 8981 2020.
3. Нормальная шероховатость радиус 5 мм.
4. Нормальная шероховатость поверхности 0,15 (миллиметр), 0,45 (микрон).
5. Твердость материала заготовки 42,47 НВс.
6. Допускается рихтовка пупышки Ø0,6 мм на глубине 0,8 мм.

08-64.БKP.002.00.002					
Вид	Деталь	Исполнение	Лист	Всего	Кришка (вилка)
Вид	Деталь	Исполнение	Лист	Всего	Всего
Вид	Деталь	Исполнение	Лист	Всего	Всего
Вид	Деталь	Исполнение	Лист	Всего	Всего
[матр. 45л ГОСТ 1050 60]					
ВНТУ					
ст. гр. 1781 2153					
Корпус					

Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірна схема технологічного процесу

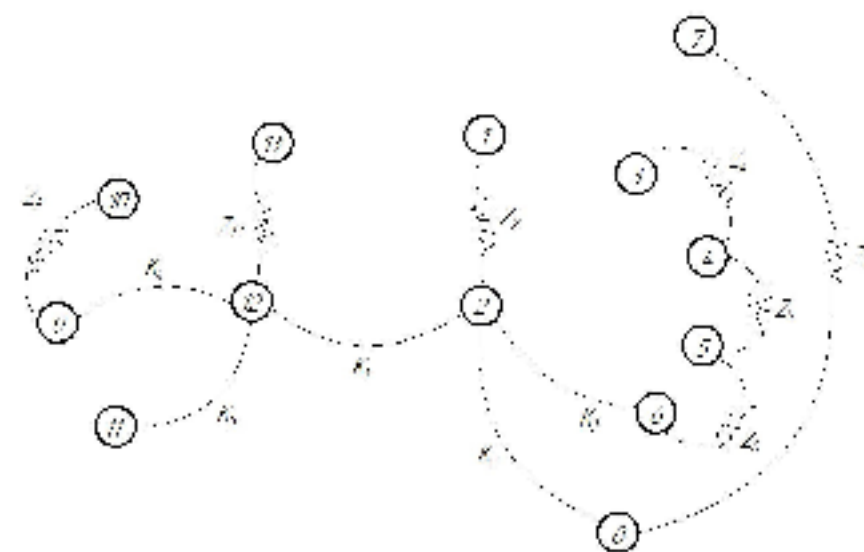
$K_1 = 20 \pm 0,1 \text{ мм}$
 $K_2 = 16 \pm 0,1 \text{ мм}$
 $K_3 = 12 \pm 0,1 \text{ мм}$
 $K_4 = 11 \pm 0,1 \text{ мм}$
 $K_5 = 10 \pm 0,1 \text{ мм}$



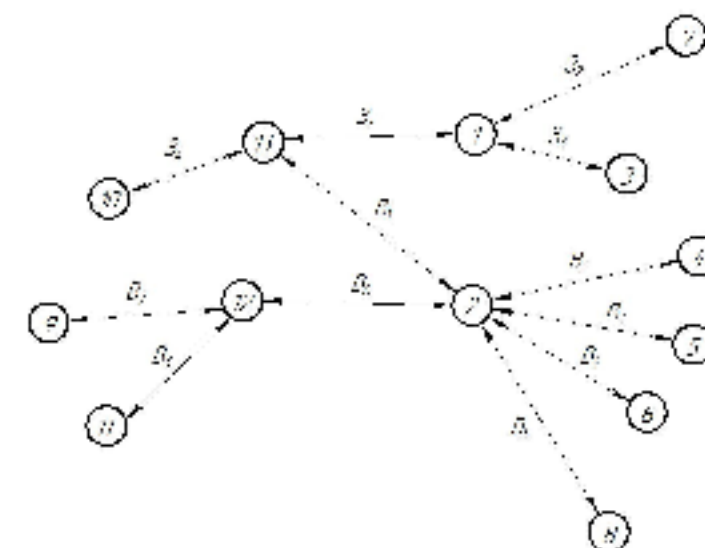
010

005

000



Вихідний граф-дерево



Похідний граф-дерево

Значення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки та їх допуски, мм

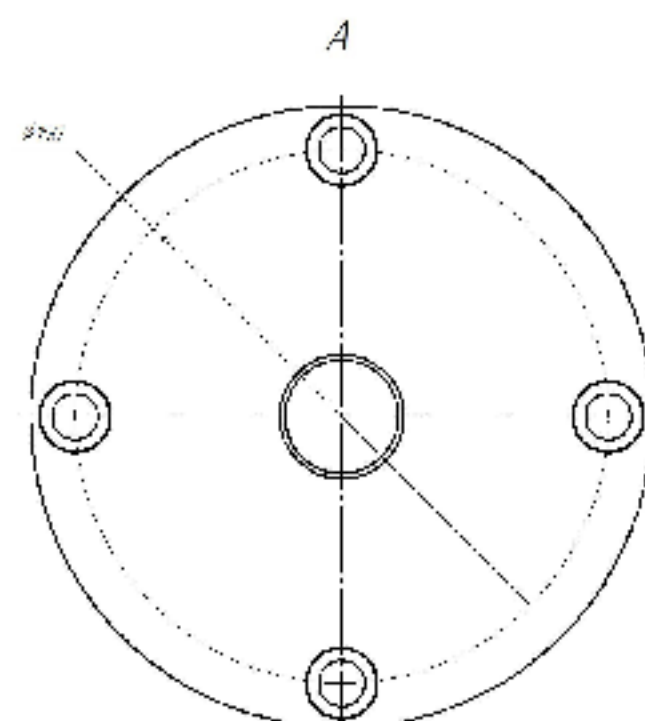
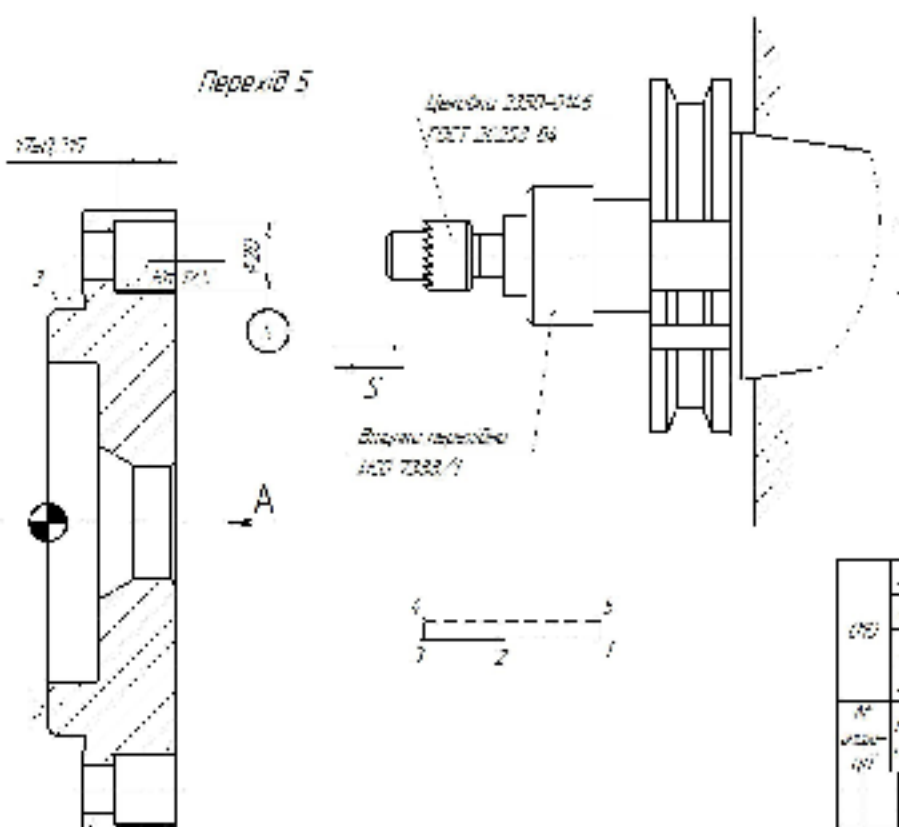
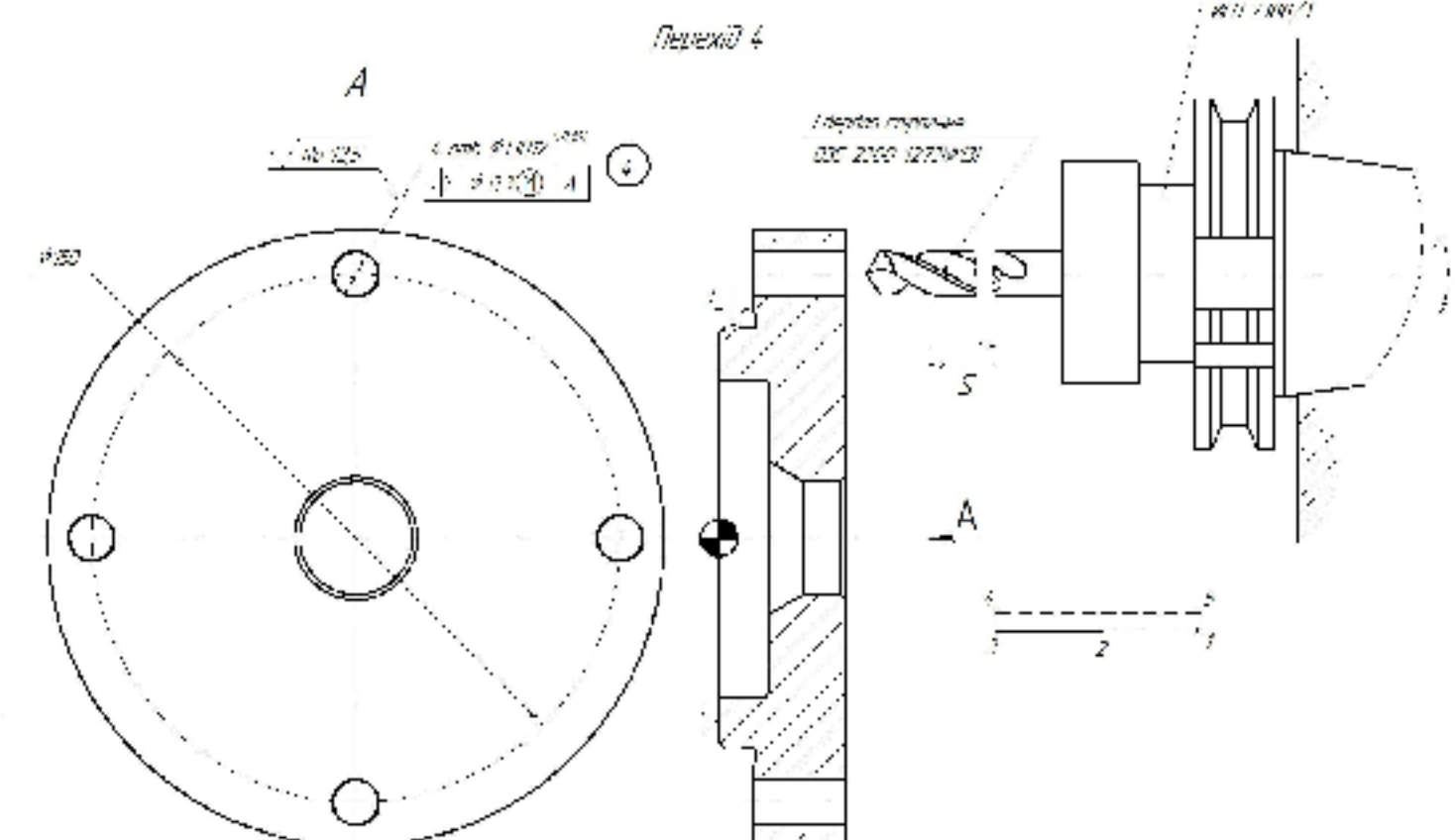
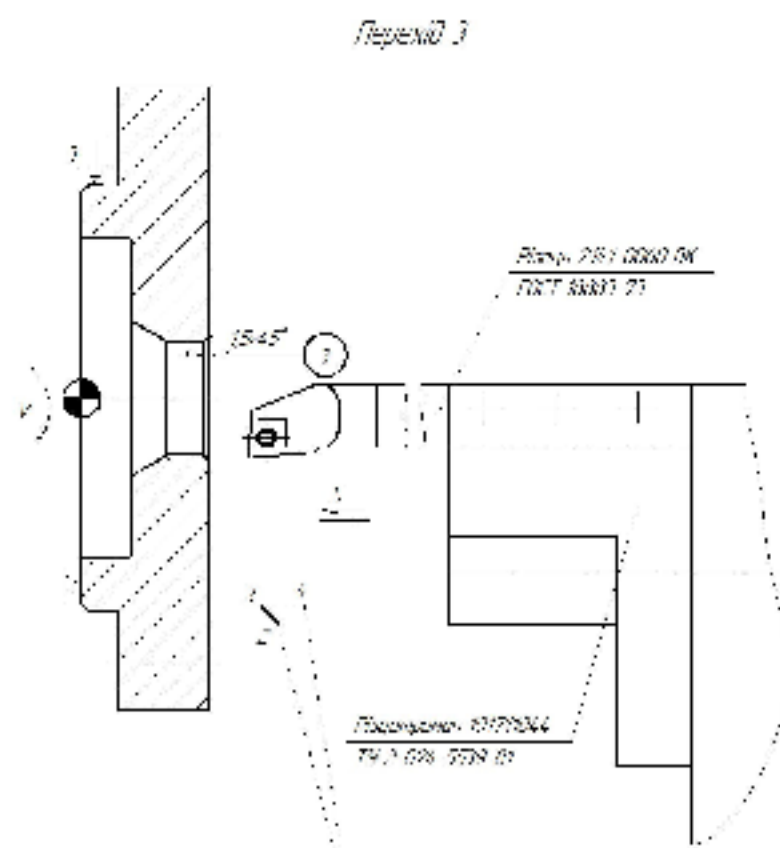
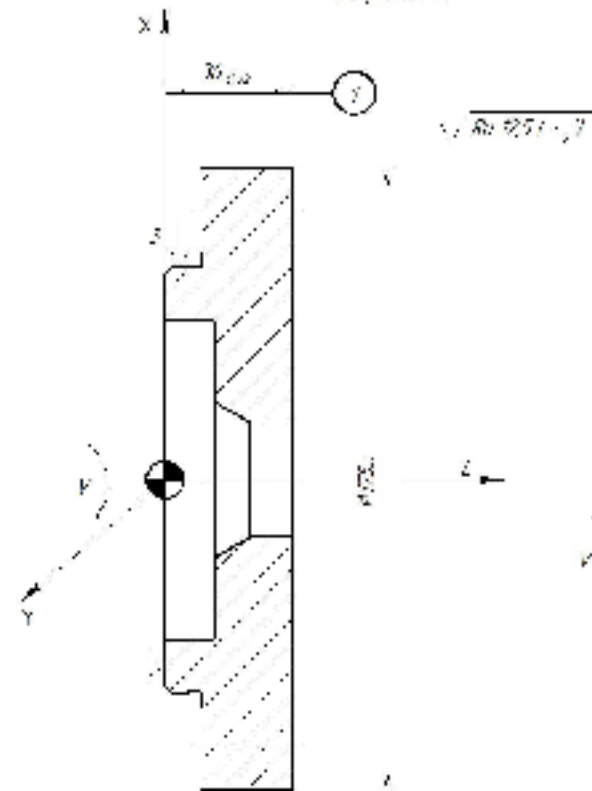
Позначення розміру	Примітка: значення розмірів		Допуск	Початковий розмір	Значення розмірів в технологічному процесі	Значення розмірів на виході з технологічного процесу
D_1	15,5	15,5	0,07	15,5	15,5 ± 0,07	-
L_1	1,2	1,2	0,05	1,2	1,2 ± 0,05	-
L_2	8,06	8,06	0,05	8,06	8,06 ± 0,05	-
K_1	9,02	9,02	0,05	9,02	9,02 ± 0,05	-
K_2	10,205	10,205	0,05	10,205	10,205 ± 0,05	-
K_3	11,38	11,38	0,05	11,38	11,38 ± 0,05	-
K_4	12,565	12,565	0,05	12,565	12,565 ± 0,05	-
K_5	13,75	13,75	0,05	13,75	13,75 ± 0,05	-
Z_1	4,107	4,107	0,05	4,107	4,107 ± 0,05	-
Z_2	11,065	11,065	0,05	11,065	11,065 ± 0,05	-
Z_3	6,06	6,06	0,05	6,06	6,06 ± 0,05	-
Z_4	11,065	11,065	0,05	11,065	11,065 ± 0,05	-

Значення припусків, мм

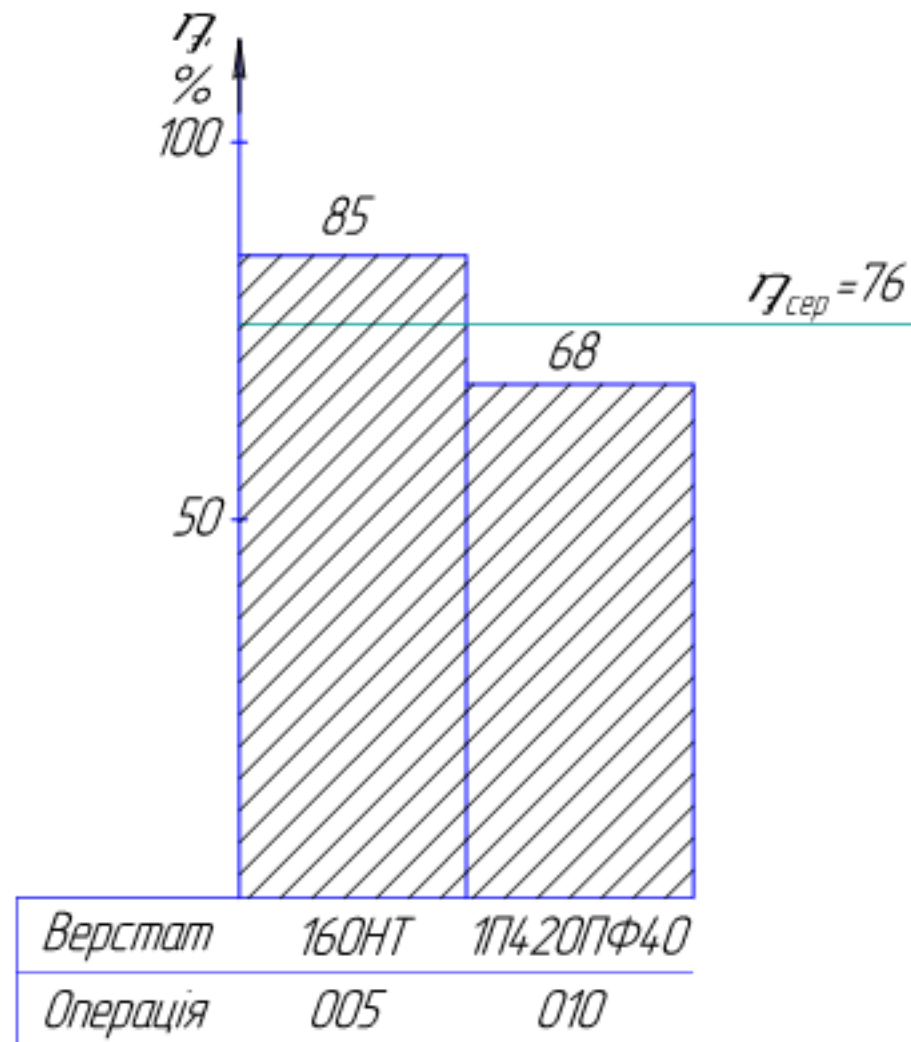
Примітка		Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7
Припуск	Z_{max}	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Z_{min}	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05



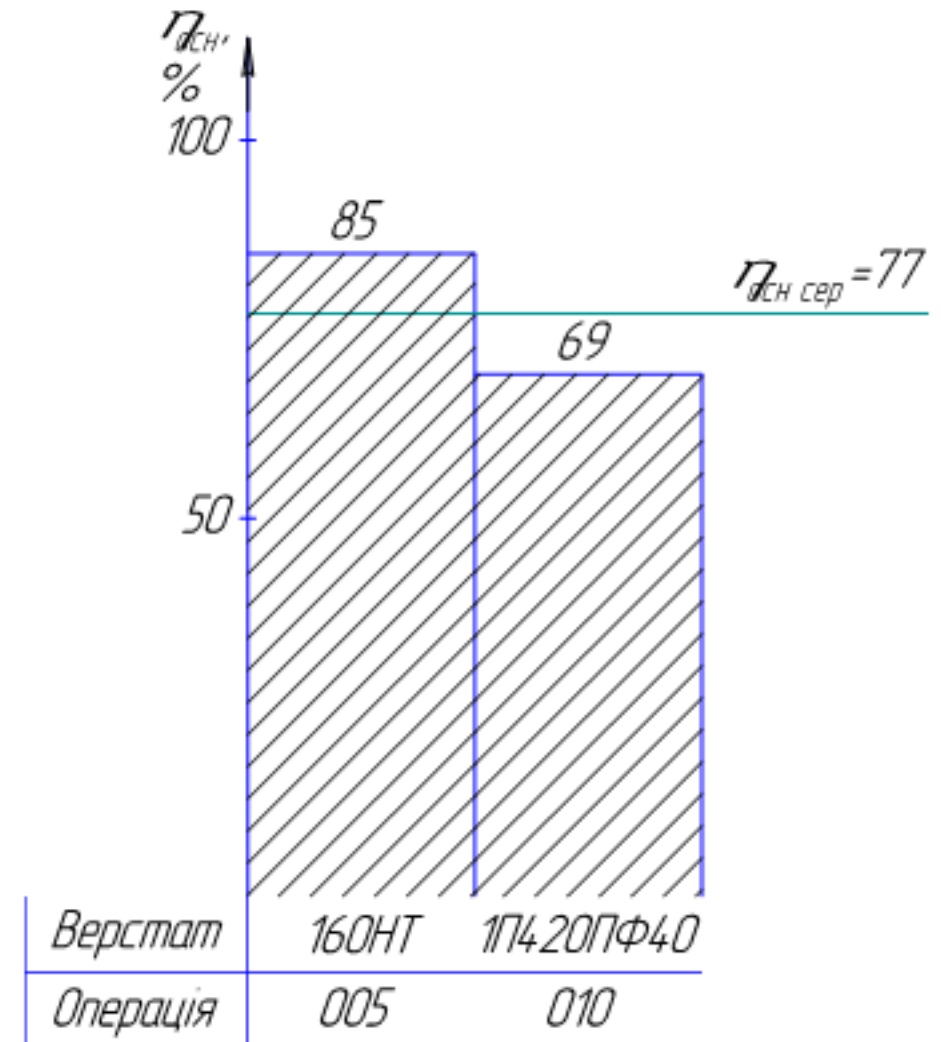
Сумований граф-дерево

[illegible]

Графіки завантаження обладнання



Графік завантаження обладнання



Графік використання обладнання за основним часом